

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XVI. Jahrgang 1905.

Mit fünf Tafeln.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1906.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1904. Prof. Wolfer in Zürich hat für dieses Jahr in altgewohnter Weise die Fleckentätigkeit der Sonne festgestellt.[1]) Seine eigenen Beobachtungen erstrecken sich über 229 Tage, außerdem konnten noch 18 andere Beobachtungsreihen benutzt werden. In der folgenden Tabelle sind die monatlichen Relativzahlen, welche sich aus sämtlichen Beobachtungen ergaben, zusammengestellt, ebenso die Zahl der Beobachtungstage und der fleckenfreien Tage.

1904	Beob.-Tage	Fl. freie Tage	Relativzahl r
Januar	31	1	31.6
Februar	29	0	44.5
März	31	0	37.2
April	30	0	43.0
Mai	31	0	39.5
Juni	30	0	41.9
Juli	31	0	50.6
August	31	0	58.2
September	30	0	30.1
Oktober	31	0	54.2
November	30	0	38.0
Dezember	31	0	45.6
Jahr	366	1	42.0

Das definitive Jahresmittel für 1904 ist hiernach r = 42.0 und ergibt gegenüber 1903 (r = 24.4) eine Zunahme von 17.6 Einheiten, d. h. noch etwas weniger als jene von 1902 bis 1903, die 19.4 Einheiten betrug. „Das langsame Ansteigen der Tätigkeit während der Jahre 1901 bis 1903 hat somit im Jahre 1904 fortgedauert, und es ist der Gradient nicht nur nicht stärker, sondern sogar etwas geringer geworden, wenn auch nur um den unbedeutenden Betrag von nicht ganz zwei Einheiten, aus dem offenbar noch nicht zu schließen ist, daß

[1]) Astron. Mitt. Nr. XCVI. Vierteljahrsschr. der naturforsch. Ges. in Zürich 1905.

die Phase der stärksten Zunahme der Tätigkeit schon überschritten sei. Es mehren sich aber die Anzeichen, daß das Maximum ungefähr den Charakter der beiden letzten von 1884 und 1894 haben werde. Die Monatsmittel weisen nicht entfernt die starken Schwankungen auf, die sonst für die Umgebung eines hohen Maximums bezeichnend sind und, wie ein Blick auf die Fleckenkurven früherer Perioden z. B. auf das Maximum von 1870 zeigt, auch in den Monatsmitteln noch Beträge von 50, 100 und mehr Einheiten erreichen können. Für 1904 beträgt die Differenz zwischen dem größten und kleinsten Monatsmittel nicht einmal 40 Einheiten, und die Abweichungen der beobachteten Monatszahlen vom mittlern Verlaufe der Fleckenkurve würden noch erheblich geringer ausfallen. Kein einziges Monatsmittel übersteigt den Betrag 60, was für ein drittes Jahr nach dem Minimum, verglichen sogar mit den beiden letzten elfjährigen Perioden, sehr wenig zu nennen ist. Bis jetzt scheint also alles darauf hinzudeuten, daß die gegenwärtig verlaufende elfjährige Welle die beiden vorangegangenen an Amplitude kaum übertreffen, vielleicht noch hinter ihnen zurückbleiben wird."

Im allgemeinen ergibt sich, „daß zwar wieder eine zeitweilige Anhäufung und Beständigkeit der Fleckenbildung an bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche und ebenso längere Zeit andauerndes Fehlen derselben an andern Orten sich geltend macht, daß aber doch mit dem Anwachsen der Tätigkeit auch eine gleichmäßigere Verteilung der Fleckengruppen nach Zahl und Größe auf alle Meridiane verbunden und daher das Auftreten von deutlich gesonderten, je nach Ablauf einer Rotation der Sonne periodisch sich wiederholenden sekundären Maxima und Minima der Fleckenkurve ausgeschlossen ist. Man erhält den Eindruck, daß im großen und ganzen die stärkern Fleckenbildungen sich um drei Meridiane anhäufen, deren erster in den kleinen, der zweite in den mittlern, der dritte in den großen heliographischen Längen liegt, so daß drei Hauptgruppen durch drei weniger stark besetzte Zwischenräume getrennt sind. Die erste und dritte dieser Gruppen kommen aber einander in der Gegend des Nullmeridians so nahe, daß man sie beinahe als einen zusammenhängenden Komplex betrachten darf, und somit würden auch in diesem Jahre wieder Anzeichen von der früher erwähnten Diametralstellung der Haupttätigkeitsgebiete auf der Sonnenoberfläche vorhanden sein."

Spektrographische Ermittlung der Sonnenparallaxe. Professor Küstner hat praktisch gezeigt,[1]) daß mit Hilfe des Spektrographen genaue Werte für die Sonnenparallaxe ermittelt werden können, und diese neue Methode in schärferer Ausbildung und durch die leicht zu erzielende Vermehrung der Beobachtungen zu vielleicht

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4048—4049.

ebenso genauen Ergebnissen führen kann, als die beste der frühern Methoden. Schon die ersten mit dem Spektrographen der Sternwarte zu Bonn erhaltenen Resultate für die radiale Geschwindigkeit gewisser Fixsterne hatte eine große innere Genauigkeit dieser Messungen gezeigt und ferner ergeben, daß die Fehler hauptsächlich in der Identifizierung der Linien, also in den Annahmen für die Wellenlängen zu suchen seien. Denn jede fehlerhafte Annahme über die Wellenlänge einer Linie geht mit ihrem vollen Betrage auf die berechnete Verschiebung dieser Linie über und muß demnach das Resultat für die radiale Bewegung entsprechend verfälschen. Bei dieser Lage der Sache schien es Prof. Küstner sehr erfolgreich, durch eine besonders angeordnete Beobachtungsreihe die Erdgeschwindigkeit und hieraus die Sonnenparallaxe zu bestimmen. Denn bei einer solchen Reihe, wo es sich nicht um die absolute radiale Geschwindigkeit, sondern nur um ihre Differenz, beobachtet in entgegengesetzten Jahreszeiten, handelt, fallen offenbar die Linienfehler der letztgenannten Art gänzlich fort, wenn man stets dieselben Linien zur Messung heranzieht. Sorgt man noch für ein möglichst gleichförmiges Arbeiten bei der Aufnahme sowohl wie bei der Ausmessung der einzelnen Spektrogramme, so werden auch instrumentelle und persönliche Fehler aus der Differenz herausfallen. Um dies zu erproben, hat Prof. Küstner im Sommer 1904 und in dem darauf folgenden Winter eine Reihe von Aufnahmen des Arktur gemacht, „da dieser Stern sich wegen seiner großen Helligkeit, die einen feinen Spalt bei kurzer Expositionszeit anzuwenden erlaubt, und wegen seines Spektrums mit zahlreichen sehr scharfen Linien, besonders dazu eignet, und auch sein Abstand von der Ekliptik ein mäßiger ist, so daß noch $^6/_7$ der Erdgeschwindigkeit zur Wirkung kommen. Ferner scheint seine eigene radiale Geschwindigkeit konstant zu sein; doch muß in Strenge diese Frage zunächst noch offen gelassen werden. Gerade auch zur Ermittlung etwaiger sehr kleiner periodischer oder fortschreitender Änderungen der Radialgeschwindigkeit dieses oder auch anderer Sterne und ebenso zur scharfen Untersuchung erwiesener Änderungen werden streng differentiell angeordnete Reihen, wie die vorliegende, ersichtlich aus denselben Gründen, wie sie oben bezüglich der alljährlich oszillierenden Erdgeschwindigkeit angeführt sind, von besonderm Nutzen sein.

Einige von den Aufnahmen waren durch Wolken oder schlechte Luft mißlungen und mußten von vornherein ausgeschlossen werden. Es blieben als brauchbar 18 Platten übrig, die sämtlich zur Messung herangezogen worden sind.“

Diese Aufnahmen verteilen sich auf den Zeitraum von 1904 Juni 24 bis 1895 Januar 15. Sie sind von Prof. Küstner mit einem Töpferschen Mikroskop genau ausgemessen worden. Die Ausmessung wurde auf den Teil des Spektrums zwischen den Wellenlängen $\lambda = 4171$ und $\lambda = 4248$ beschränkt, weil hier besonders viele und

scharfe Sternlinien auftreten, und auch das Eisenspektrum zahlreiche Linien mittlerer Stärke enthält. Dadurch ist ein enger Anschluß zwischen beiden möglich, worauf zur Elimination namentlich von Verziehungen der photographischen Schicht, dann aber allgemein von Fehlern der Abbildung und der Messung hier besonderes Gewicht zu legen ist.

„Bei Auswahl der einzelnen Sternlinien wurde darauf geachtet, daß sie möglichst auf allen Platten gleichmäßig scharf abgebildet waren. Namentlich mußten solche sonst gute Linien ausgeschlossen werden, die in unmittelbarer Nähe schwache Begleiter zeigten, da letztere bei den unvermeidlichen Schwankungen in der Intensität und in der Schärfe des Sternspektrums sich mehr oder weniger mit dem Bilde der Hauptlinie vermischen und ihre Einstellung in wechselnder Weise beeinflussen konnten. Die unzweideutige Identifizierung der Linien mit Rowlands Sonnenlinien und die exakte Festsetzung ihrer Wellenlängen kommt dagegen, wie erwähnt, nicht in Frage, solange es sich nur um die Beobachtung von Änderungen der Geschwindigkeit handelt, mögen diese nun von der periodischen Bewegung der Erde oder des Sternes herrühren."

Es wurden 16 Linien des Sternspektrums ausgewählt und ebenso 16 Linien des Eisenspektrums. Die Messungen und die daran anknüpfenden Rechnungen sind in aller Schärfe durchgeführt worden. Als Resultat für die Geschwindigkeit V des Arktur relativ zur Sonne ergibt sich aus diesen Messungen auf 18 Platten: V = —4.83 ± 0.27 *km* (für 1904.8). Unter der Annahme, daß die Lichtgeschwindigkeit im luftleeren Raume 299 865 *km* (± 26 *km*) beträgt, findet sich der von Prof. Küstner beobachtete Wert für die mittlere Erdgeschwindigkeit = 29.617 *km* (± 0.057 *km*), und daraus folgt als Wert der Sonnenparallaxe 8.844″ ± 0.017″. Dieses Resultat, sagt Prof. Küstner, erscheint beachtenswert in zweierlei Hinsicht: „Erstens enthält es einen neuen, möglichst scharfen empirischen Beweis für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips in seiner einfachen in der Reduktion angewandten Form, und zweitens beweist sein kleiner wahrscheinlicher Fehler die Möglichkeit, die Sonnenparallaxe auf spektrographischem Wege mit aller wünschenswerten Schärfe zu bestimmen."

„Es ist natürlich", fährt er fort, „nicht meine Absicht gewesen, bereits durch diese ganz kurze Reihe von nur 18 Aufnahmen, deren jede zur Ausmessung einschließlich Justierung der Platte in beiden Lagen noch nicht zwei Stunden Arbeit erfordert hat, die Sonnenparallaxe mit einer Schärfe bestimmen zu wollen, die den besten ältern, auf ein ganz unvergleichlich viel größeres Beobachtungsmaterial gegründeten Bestimmungen gegenüber erheblich ins Gewicht fiele. Ich wollte vielmehr nur zeigen, und eben dies glaube ich erreicht zu haben, daß in der Tat die spektrographische Methode mit den andern Methoden zur Bestimmung dieser wichtigsten

astronomischen Konstante in Wettbewerb treten kann und also auch treten muß. Die einzelne Platte hat hier an diesem relativ kleinen Instrumente von nur 30 *cm* Öffnung die Geschwindigkeit mit einem w. Fehler von $\pm$ 0.2 *km* ergeben, d. h. übertragen auf die Sonnenparallaxe von $\pm$ 0.06″. Diese elementare Beobachtungsschärfe wäre schon genügend; man darf aber erwarten, daß die großen Spektrographen der Riesenrefraktoren, in ähnlicher Weise gehandhabt, mindestens die doppelte Genauigkeit müssen erzielen lassen. Weiter hindert nichts, den Reihen eine beliebige Ausdehnung zu geben und so das Gewicht des Resultats beliebig zu steigern, da man nicht, wie z. B. bei den Planetenoppositionen oder gar den Venusdurchgängen, an einzelne kurze Zeiträume gebunden ist.

Praktisch wird es am einfachsten und zweckmäßigsten sein, Reihen zur spektrographischen Bestimmung der Sonnenparallaxe zu vereinigen mit den von Prof. Frost angeregten und an verschiedenen Observatorien aufgenommenen Beobachtungen der Standard Velocity Stars, deren Liste sich noch etwas erweitern läßt. Am nördlichen Himmel kommen als genügend hell und genügend nahe an der Ekliptik außer α Bootis noch in Frage namentlich: α Arietis, α Persei, α Tauri, β Geminorum, ε Leonis, ε Virginis, η Bootis und vielleicht auch α Canis minoris, da die scharfe Elimination seiner Bahnbewegung möglich sein wird. Eine ähnliche Anzahl geeigneter Sterne dürfte am südlichen Himmel vorhanden sein.

Diese Sterne sind dann also, außer zur Opposition, der allgemeinen Vergleichung der Instrumente wegen, auch noch in beiden Quadraturen zu beobachten, und zwar immer möglichst nahe im Meridiane, oder doch in demselben kleinen Stundenwinkel, und selbstverständlich in derselben Lage des Instruments. Hierauf ist besonders zu achten, und es darf deshalb die kleine Unbequemlichkeit der Beobachtung in den frühen Morgenstunden durchaus nicht gescheut werden, damit systematische Fehler, wie sie z. B. die Biegung des Spektrographen erzeugen kann, die vom Stundenwinkel und der Lage des Instruments abhängen, eliminiert werden, wie denn überhaupt auf völlig gleichmäßiges Arbeiten bei der Aufnahme und bei der Ausmessung an jedem einzelnen Instrumente und bei jedem einzelnen Sterne das größte Gewicht zu legen ist. Dagegen ist es nicht notwendig, an den verschiedenen Instrumenten und bei den verschiedenen Sternen nach demselben Schema zu arbeiten; vielmehr wird in dieser Hinsicht eine möglichste Abwechslung, z. B. in der Wahl der Linien, gerade erwünscht sein.

Die ganze Methode ist so einfach und durchsichtig und läßt sich so streng differentiell handhaben, daß systematische Fehler, deren Eliminierung bei den andern Methoden zur Bestimmung der Sonnenparallaxe oft so schwierig ist, kaum zu befürchten sind. Bestehen bleibt zunächst noch ein Fehlereinfluß, nämlich der von etwaigen periodischen Bewegungen der betreffenden Sterne herrührende.

Ob solche vorhanden sind, darüber werden gerade diese Beobachtungsreihen den besten Aufschluß geben, und es wird hierzu eben sich empfehlen, nicht bloß Aufnahmen zu den Zeiten der Quadraturen, auf die ich mich bei dieser Versuchsreihe hier beschränkt habe, sondern einige wenigstens auch zu den andern Zeiten und namentlich um die Opposition herum zu machen. Im Mittel aus einer größern Zahl von Sternen könnten solche periodischen Bewegungen, selbst wenn sie unerkannt blieben, auch unmöglich einen konstanten Fehler im Resultat für die Erdgeschwindigkeit erzeugen, sondern höchstens nur den zufälligen Fehler vergrößern.

Durch die Bestimmung der Sonnenparallaxe mit Hilfe der Spektrographie wird ein neues festes Band zwischen Astrophysik und Astrometrie geknüpft, geeignet, diese beiden Zweige der Astronomie, die zu einer Zeit einmal stark auseinander zu streben schienen, eng miteinander zu verbinden, zum Nutzen beider."

Periodische Veränderungen der Gestalt der Sonne hat Dr. Lane Poor wahrscheinlich gemacht.[1]) Er stützt seine Untersuchungen zunächst auf eine Reihe von Sonnenphotographien, welche Lewis M. Rutherfurd in den Jahren 1860 bis 1874 aufgenommen, und die er in einer Anzahl von 139 Stück der Sternwarte der Columbia-Universität geschenkt hat. Lane Poor hat bei seinen Untersuchungen diese Aufnahmen in zwei Gruppen geteilt, von denen eine die Zeit 1860 bis 1866, die andere die Jahre 1870 bis 1874 umfaßt. Die Platten der ersten Gruppe wurden mit einem kleinen Objektiv erhalten, die der andern dagegen mit dem 13-zölligen photographischen Objektiv, welches Rutherfurd 1868 vollendete. Die frühern Platten waren außerdem einfache Photographien der Sonne ohne Orientierungsangaben über die Lage der Mittellinien oder dergleichen, seit 1870 begann Rutherfurd dagegen auf den Platten Orientierungsmarken anzubringen, doch fehlen auch diese seitdem noch etwa auf der Hälfte derselben. Von 61 im Jahre 1870 erhaltenen Platten konnten deshalb nur 4 für die Zwecke der Untersuchung herangezogen werden, aus dem Jahre 1871 nur 7, aus 1873 nur 10, aus 1874 nur 1, die aber sonst zu schlecht war, um mitbenutzt zu werden. Die Platten wurden mit größter Sorgfalt mit Hilfe einer Repsoldschen Meßmaschine ausgemessen, indem auf jeder derselben 28 Punkte des Sonnenrandes gemessen wurden, nämlich je 7 an oder in der Nähe jedes Poles und 7 um oder in der Nähe des äußersten Punktes des Sonnenäquators. Bei diesen Messungen und Berechnungen wurden alle Vorsichtsmaßregeln beachtet und auch der Unterschied der Refraktion für die höhern und tiefern Punkte des Sonnenrandes genau berücksichtigt. Auf diese Weise ergab jede Platte 28 Werte für den Sonnenradius, von denen die

[1]) Astrophysical Journal 1905. **22**. p. 103.

eine Hälfte den Mittelwert für den polaren, die andere für den äquatorialen Radius lieferte.

Es ergab sich auf diese Weise, daß die verschiedenen Platten jedes Jahres Werte ergaben, die untereinander vortrefflich übereinstimmen, während die Ergebnisse der verschiedenen Jahre nicht miteinander übereinstimmen. Die Platten des Jahres 1871 zeigen, daß damals der äquatoriale Radius der Sonne den polaren um etwa 0.30″ übertraf, während diejenigen aus den Jahren 1870 und 1872 ergeben, daß der polare Halbmesser der Sonne um 0.2″ größer war als der äquatoriale. Während der Zeit von 1871 bis 1872 nahm der Polarradius in Vergleich zum äquatorialen relativ zu und war 1872 entschieden der größere. Zur Erklärung dieses Umstandes können instrumentale oder sonstige zufällige Einflüsse nicht herbeigezogen werden, vielmehr sieht Lane Poor das gefundene Ergebnis als tatsächlich an und zieht den Schluß, daß in den Jahren 1870 bis 1872 der Äquatorialdurchmesser der Sonne zuerst zunahm und dann wieder abnahm im Verhältnis zum Polardurchmesser. Veranlaßt durch die Venusdurchgänge 1874 und 1882 haben die zu den damaligen Expeditionen bestimmten deutschen Astronomen eine große Anzahl heliometrischer Messungen des Sonnendurchmessers ausgeführt. Im ganzen sind damals von 23 Beobachtern 2692 einzelne Messungen des Sonnendurchmessers an den für die Expeditionen bestimmten fünf Heliometern gemacht worden. Dr. Auwers hat später diese Messungen sorgfältig diskutiert und daraus als Mittelwert für den Sonnendurchmesser in der mittlern Entfernung von der Erde gefunden 31′ 59.26″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.10″. Der Wert für den Polardurchmesser übersteigt den für den Sonnenäquator um 0.038″, ein sehr geringer, kaum zu verbürgender Betrag, den Auwers auf gewisse Beobachtungsfehler zurückführt. Hiernach ist die Sonne als völlig kugelförmig anzunehmen, und diesem Schlusse stimmt auch Newcomb zu. Dr. Lane Poor hat nun die von Prof. Auwers behandelten Messungen des Sonnendurchmessers nicht wie dieser zu einem allgemeinen Mittelwerte zusammengezogen, sondern nach der Zeitfolge geordnet. Er teilt die ganze Menge dieser Messungen in zwei Gruppen: die erste vom September 1873 bis zum Januar 1875, die andere vom Mai 1880 bis zum Juni 1883. Die genaue Untersuchung ergab nun eine allmähliche Zunahme des Polardurchmessers im Verhältnis zum Äquatorialdurchmesser in ähnlicher Weise und Größe wie bei den Rutherfurdschen Aufnahmen 1871 bis 1872. Die zweite Reihe, die Jahre 1880 bis 1883 umfassend, zeigte das umgekehrte Verhältnis: der Äquatorialdurchmesser wird zunehmend größer im Verhältnis zum Polardurchmesser.

Dr. Lane Poor war in der Lage, auch eine Anzahl Sonnenaufnahmen zu untersuchen, die in den Jahren 1893 und 1894 von Dr. H. C. Wilson auf dem Northfield-Observatorium (Minnesota) erhalten

worden. Die Zahl dieser Platten ist nicht groß, allein sie deuten doch auf eine zunehmende Verkürzung des Äquatorialdurchmessers im Verhältnis zum Polardurchmesser hin.

Dr. Lane Poor stellt nun das Verhalten der beiden Sonnendurchmesser mit der Fleckenhäufigkeit der Sonnenoberfläche zusammen. Ein Maximum der Flecke trat in dem letzten Teile von 1870 ein, dann nahm die Fleckenzahl ab bis 1876. In den Jahren 1870 bis 1871 zeigen die Rutherfurdschen Aufnahmen, daß der Äquatorialdurchmesser der Sonne zunahm, aber von da bis 1876 trat nach diesen Aufnahmen und ebenso nach den Heliometermessungen, ein Zusammenziehen des Äquatorialdurchmessers im Verhältnis zum Polardurchmesser ein. Von 1880 bis 1883 nahm die Zahl der Sonnenflecken wieder zu, und während dieser Zeit nahm auch der Äquatorialdurchmesser wieder zu im Verhältnis zum Polardurchmesser. Indessen war das Fleckenmaximum 1883 kaum halb so groß als jenes von 1870, und man könnte erwarten, daß jetzt auch die Änderungen im Sonnendurchmesser weniger beträchtlich seien als damals. Dies wird durch die Beobachtungen durchaus bestätigt. Ein drittes Maximum der Sonnenflecke trat Ende 1893 ein, und während des Jahres 1894 nahm die Zahl der Flecke wieder rasch ab. Die Northfieldplatten zeigen, daß während dieser Periode der äquatoriale Durchmesser der Sonne im Verhältnis zum polaren ebenfalls abnahm.

Aus diesen Tatsachen schließt Dr. Lane Poor, daß das Verhältnis des polaren zum äquatorialen Radius der Sonne veränderlich ist, und zwar in einer Periode, die mit der Periode der Sonnenflecke übereinstimmt. „Die Sonne", sagt er, „scheint eine vibrierende Kugel zu sein, deren äquatorialer Durchmesser im allgemeinen den polaren um ein geringes übertrifft, zuzeiten dagegen verändert sich dieses Verhältnis so, daß der polare Durchmesser größer wird als der äquatoriale."

Schließlich bemerkt Dr. Lane Poor, daß in dieser veränderlichen Gestalt der Sonne möglicherweise die Ursache der in den Bewegungen des Merkur, der Venus und des Mars vorhandenen und bis jetzt unerklärlichen Anomalie zu finden ist. Daneben dürften sich jene periodischen Veränderungen der Sonnenkugel aber auch in der Intensität der Sonnenstrahlung widerspiegeln, also in meteorologischen Erscheinungen. Wahrscheinlich ist die Veränderung der Sonnenkugel die primäre und die Zunahme der Flecken die von ihr abhängige sekundäre Erscheinung.

Über die Temperatur der Sonne macht Dr. R. Lucas einige Bemerkungen.[1]) In neuester Zeit ist zur Bestimmung hoher Temperaturen ein Verfahren verschiedentlich[2]) angewendet worden, welches

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4012.

[2]) Holborn und Kurlbaum, Akad. d. Wiss., Berlin 1901. p. 712. — Lucas, Diss. 1903. p. 8. — Nernst, Phys. Zeitschr. 1903. **4**. p. 733.

sich durch große Einfachheit der Handhabung auszeichnet und fundamentale Bedeutung für die Beleuchtungstechnik besitzt. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, aus der photometrischen Gesamthelligkeit auf die Temperatur des glühenden Körpers zu schließen. Während man sich zuerst damit behalf, das rapide Ansteigen der Helligkeit mit der Temperatur durch eine interpolatorische Potenzregel auszudrücken, ist neuerdings durch E. Rasch das Gesetz der photometrischen Strahlung gefunden und an den experimentellen Daten geprüft worden.[1]) Das Gesetz lautet:

$$\log \text{nat}\, \Phi = C - \frac{K}{T},$$

wobei C und K Konstanten, Φ, T Helligkeit und Temperatur in absoluter Zählung bedeuten.

Für die Gesamtlichtstärke des schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen, ausgedrückt in Hefnerkerzen (HK) liegen folgende Daten vor:

1 Quadratmillimeter schwarzer Strahlung sendet aus:

			Beobachter
bei 1175°	0.0024	HK	Lummer und Pringsheim
,, 1325	0.0220	,,	Lummer und Pringsheim
,, 1435	0.0635	,,	Lummer und Pringsheim
,, 1780 (Platin-Schmelzpunkt)	0.91	,,	Nernst

Es erschien daher von Interesse, unter Benutzung dieses Gesetzes aus der Gesamthelligkeit der Sonne die effektive Sonnentemperatur zu berechnen.

Allerdings haben nur wenige Forscher die Ermittlung der photometrischen Helligkeit der Sonne zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht, und die erhaltenen Resultate sind nicht einwandfrei.[2]) Neuerdings hat jedoch Charles Fabry[3]) in der Erkenntnis der großen Unsicherheit und Ungenauigkeit des vorhandenen Materials unter Benutzung der modernen exakten Methoden ausführliche Messungen angestellt. Hiernach ergibt sich das Resultat, daß 1 Quadratmillimeter der Sonnenscheibe normal eine Lichtintensität aussendet, welche nach der Absorption durch die Atmosphäre der von 1800 Dezimalkerzen[4]) gleicht. Die Helligkeit der Sonnenscheibe ist hierbei als gleichmäßig betrachtet; offenbar stellt der obige Wert ein Minimum dar und damit auch der unten angegebene Wert für die Sonnentemperatur.“

[1]) E. Rasch, Annalen der Physik 1904. **14**. p. 194.
[2]) cf. G. Müller, Die Photometrie der Gestirne.
[3]) Compt. rend. **87**. 973 (1903).
[4]) Die Dezimalkerze DK wurde mit der Hefnerkerze HK verglichen und 1 DK = 1.13 HK gefunden.

Setzt man den von Fabry gefundenen Wert von 1800 Dezimalkerzen, gleich 2034 Hefnerkerzen, in die Formel ein, so ergibt sich die Sonnentemperatur rund zu 5000°, in gutem Einklange mit den auf andern, davon unabhängigen Wegen gefundenen Werten.

Die Periode der Sonnenrotation, nach Sonnenfleckmessungen zu Greenwich 1879 bis 1901 ist von E. Walter Maunder und A. S. D. Maunder untersucht worden.[1]) Das dieser Untersuchung zugrunde liegende Material ist viel größer, wie solches in frühern andern Untersuchungen zu Gebote stand. Von 4700 Gruppen von Sonnenflecken, die während der angegebenen Zeit katalogisiert worden sind, sind nur Gruppen benutzt worden, die sechs oder mehrere Tage andauerten, im ganzen 1872 Gruppen. Auch wurde aus Gründen der Symmetrie die letzte Gruppe des 1879 auslaufenden Zyklus und die erste desjenigen, der 1901 begann, ausgeschlossen. So blieben zwei ganze Sonnenfleckenzyklen, welche mit den Ziffern 1 und 2 bezeichnet wurden, im ersten trat das Maximum der Flecken 1883, im zweiten 1893 ein. Werden, wie in dieser Untersuchung, die Flecken in schmale Zonen der heliographischen Breite geordnet, so bleibt keinerlei Zweifel, zu welchem der beiden Zyklen eine gegebene Gruppe gehört. Das vorhandene Material wurde in zweierlei Weise behandelt, einmal indem jede Sonnenfleckgruppe unabhängig von ihrem spätern Wiedererscheinen behandelt wurde, dann in bezug auf das Wiedererscheinen der gleichen Gruppe nach zwei oder mehrern Sonnenrotationen. In jedem Falle wurde die Gruppe stets als Ganzes betrachtet und als Kriterium der Zulässigkeit nur der Umstand betrachtet, daß sie wenigstens an sechs aufeinanderfolgenden Tagen sichtbar und nicht weiter als 70° vom Meridian der Mitte der Sonne entfernt war. Der Ausdruck Periode der Sonnenrotation ist natürlich nicht wörtlich zu verstehen, sondern nur in dem Sinne, daß damit die durch die eigene Bewegung der Flecken beeinflußte scheinbare Rotationsdauer unter der gegebenen heliographischen Breite bezeichnet wird. Bei den Messungen wurde der früher von Carrington angegebene Wert für die siderische Rotationsdauer der Sonne zugrunde gelegt. Derselbe beträgt 25.38 Tage, und ihm entspricht eine tägliche siderische Winkelbewegung von 851.06′. Mit dieser Konstanten wurde für jeden Tag die scheinbare Bewegung (Drift) der Länge jeder Gruppe verglichen und deren Veränderung entsprechend der heliographischen Breite festgestellt. In vier Tabellen geben die Verfasser die erhaltenen Resultate, nach Zonen von 5° Breite, die jedoch je 2.5° übereinander greifen, so daß jede Gruppe zweimal in Rechnung kommt (mit Ausnahme derjenigen in den beiden äußersten Halbzonen). Die angegebenen Gewichte sind proportional der Anzahl der Tagesintervalle für jede Gruppe.

---

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 813.

Rotationsperiode
für die verschiedenen Zonen der heliographischen Breite.

Breite	Zahl der Gruppen	Gewicht	Scheinbare tägliche Drift in Länge	Mittlere Dauer d. synodischen Rotation	Tägl. siderische Bewegung	Mittlere siderische Rotationsdauer	Berechnete siderische Rotationsdauer	Differenz zwischen Beobachtung u. Rechnung
°			′	d	′	d	′	′
+ 35	2	12	— 46.3	28.97	804.8	26.84	821.7	— 16.9
32 1/2	3	21	23.6	28.11	827.4	26.11	828.4	— 1.0
30	11	71	18.7	27.94	832.3	25.95	834.7	— 2.4
27 1/2	36	212	11.6	27.68	839.4	25.73	840.2	— 0.8
25	66	400	7.4	27.53	843.6	25.61	846.4	— 2.8
22 1/2	115	703	— 0.4	27.29	850.7	25.39	851.7	— 1.0
20	167	1018	+ 7.6	27.02	858.6	25.16	856.5	+ 2.1
17 1/2	188	1174	13.6	26.82	864.6	24.98	860.9	+ 3.7
15	241	1587	14.3	26.79	865.4	24.96	864.7	+ 0.7
12 1/2	291	1934	15.8	26.74	866.9	24.92	868.0	— 1.1
10	246	1592	19.7	26.61	870.8	24.81	870.7	+ 0.1
7 1/2	154	987	23.0	26.50	874.1	24.71	872.9	+ 1.2
5	99	629	26.0	26.41	877.0	24.63	874.4	+ 2.6
+ 2 1/2	63	392	28.1	26.34	879.1	24.57	875.4	+ 3.7
0	41	256	25.2	26.43	876.2	24.65	875.7	+ 0.5
— 2 1/2	70	453	23.3	26.49	874.4	24.70	875.4	— 1.0
5	148	957	20.6	26.58	871.7	24.78	874.4	— 2.7
7 1/2	240	1570	18.2	26.66	869.3	24.85	872.9	— 3.6
10	289	1874	17.4	26.69	868.4	24.87	870.7	— 2.3
12 1/2	294	1867	15.8	26.74	866.8	24.92	868.0	— 1.2
15	277	1740	12.8	26.84	863.8	25.00	864.7	— 0.9
17 1/2	252	1573	8.6	26.98	859.6	25.13	860.9	— 1.3
20	188	1195	5.4	27.09	856.4	25.22	856.5	— 0.1
22 1/2	110	696	+ 1.4	27.23	852.5	25.34	851.7	+ 0.8
25	69	422	— 5.6	27.47	845.5	25.55	846.4	— 0.9
27 1/2	44	273	7.7	27.56	843.3	25.63	840.2	+ 3.1
30	24	150	11.8	27.69	839.2	25.74	834.7	+ 4.5
32 1/2	9	50	26.8	28.23	824.3	26.21	828.4	— 4.1
— 35	3	12	— 33.7	28.49	817.4	26.43	821.7	— 4.3
sämtliche Flecke	1871	11915	+ 13.1	26.83	864.17	25.00	—	—
Carrington	—	—	—	27.275	851.06	25.38	—	—

In einer zweiten Tabelle geben die Verfasser die Anzahl der Sonnenfleckgruppen, geordnet in Zonen von 5° Breite und nach der ihrer Bewegung zukommenden synodischen Rotationsdauer. Letztere variiert zwischen 23.4 und 31.2 Tagen.

Anzahl der Sonnenfleckgruppen geordnet in Zonen von 5° Breite und nach der Dauer der ihrer Bewegung entsprechenden Rotation.

Synodische Rotationsdauer	über +35°	+35° bis +30°	+30° bis +25°	+25° bis +20°	+20° bis +15°	+15° bis +10°	+10° bis +5°	+5° bis 0°	0° bis −5°	−5° bis −10°	−10° bis −15°	−15° bis −20°	−20° bis −25°	−25° bis −30°	−30° bis −35°	unt[er] —
23.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—
2	—	—	—	—	2	—	1	—	—	2	—	1	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	1	1	—	2	1	2	1	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	3	—	1	2	3	1	—	1	1	—	—
8	—	—	—	—	2	2	3	1	1	1	3	2	—	—	—	—
25.0	—	—	1	3	2	2	2	2	3	4	3	6	—	—	—	—
2	—	—	—	1	3	5	4	4	2	6	6	1	1	—	—	—
4	—	—	—	1	5	5	2	2	1	4	13	3	—	1	—	—
6	—	—	1	3	4	12	7	1	3	5	5	8	2	1	—	—
8	—	—	1	1	9	12	15	4	2	5	13	9	2	—	—	—
26.0	—	—	—	4	6	12	10	10	2	12	14	9	8	1	—	—
26.2	—	—	2	4	7	23	16	1	5	25	16	16	7	1	—	—
4	—	—	1	5	15	21	14	10	6	19	24	14	4	—	—	—
6	—	1	3	8	15	23	7	9	15	26	26	14	9	2	—	—
8	—	—	2	3	14	31	26	9	7	20	30	16	7	4	1	—
27.0	—	—	—	7	25	41	17	8	6	42	41	23	8	1	—	—
2	—	—	1	13	25	39	15	—	5	26	37	38	12	2	—	—
4	—	—	2	15	18	29	8	1	1	19	23	33	5	4	1	—
6	—	—	3	12	22	7	—	—	2	5	13	19	14	4	—	1
8	—	—	4	11	5	9	3	—	1	5	4	16	13	6	1	—
28.0	—	—	4	5	4	4	1	—	1	5	4	2	3	7	—	—
2	—	—	2	5	3	2	2	—	2	2	3	4	7	2	1	—
4	—	—	3	5	2	1	—	—	1	2	4	3	5	3	1	—
6	—	2	2	1	—	2	—	—	—	1	2	1	—	—	1	—
.8	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	2	6	1	1	1	—
29.0	—	—	1	3	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—
29.2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	1	—
4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—
30.0	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Außer diesen wichtigsten Tabellen geben die Vf. noch mehrere andere und fassen endlich die Ergebnisse ihrer Untersuchung in folgende Sätze zusammen:

1. Carringtons Rotationsperiode der Sonne entspricht nicht den heliographischen Breiten zwischen 10° und 15°, wie er angenommen hat, sondern wird erhalten aus den Einzelbewegungen der Fleckengruppen in 22.5° Breite, dann von wiederkehrenden Fleckengruppen in 20° Breite.

2. Carringtons Periode entspricht nicht dem Mittelwerte aller Flecke, sondern ist beträchtlich größer als dieser.

3. Eine abweichende Rotationsdauer wird erhalten, wenn man die Bewegungen beim Erscheinen einer Gruppe besonders behandelt und ebenso bei Flecken von langer Dauer.

Diese letztern (wiederkehrenden) Flecken geben eine etwas längere und mehr unter sich übereinstimmende Rotationsdauer als die separat behandelten Gruppen.

4. Die verschiedenen Rotationsperioden sind nicht symmetrisch zum Äquator, die Zone der kürzesten liegt nördlich von demselben.

5. Die Rotationsdauer der verschiedenen Flecken in der nämlichen Breitenzone ist bei den einzelnen Gruppen mehr voneinander verschieden als die mittlere Rotationsdauer unter verschiedenen Breiten.

6. Flecken von kurzer Dauer haben die Tendenz, eine kürzere Rotationsdauer zu haben, als solche von längerer Dauer.

7. Es ist kein Anzeichen vorhanden einer fortschreitenden Änderung der mittlern Rotationsdauer während des elfjährigen Fleckenzyklus, außer derjenigen, welche von dem Zuge der Fleckentätigkeit aus höhern und niedrigern Breiten herrührt.

8. Die Vergleichung der Rotationsperiode der einzelnen Gruppen während der beiden Sonnenfleckenzyklen deutet auf eine kleine Verkürzung der Periode für die nördliche Hemisphäre, während die südliche keine solche Änderung zeigt, jene ist wahrscheinlich zufällig.

9. Werden die langdauernden (wiederkehrenden) Flecken in Betracht gezogen, so ist eine kleine Retardation der Rotationsperiode vom 1. bis 2. Zyklus angedeutet, sowohl bei den Flecken der nördlichen als der südlichen Hemisphäre.

Spektroskopische Bestimmung der Umdrehungsdauer der Sonne. Prof. Dunér hat vor mehr als 15 Jahren zuerst den Versuch gemacht, mit Hilfe des Spektroskops aus den Verschiebungen der Spektrallinien am Sonnenrande die Geschwindigkeit der Umdrehungsbewegung der Sonne in verschiedenen Abständen vom Äquator derselben zu bestimmen. Diese Untersuchungen hat er in den Jahren 1899 bis 1901 mit demselben Spektroskop am Refraktor der Sternwarte zu Upsala wiederholt und erweitert. Die Anzahl der einzelnen Beobachtungen ist sehr groß, und den Endresultaten darf man deshalb, ungeachtet der Schwierigkeiten dieser Art von Messungen, eine beträchtliche Genauigkeit zusprechen. Prof. Dunér teilt jetzt die Ergebnisse seiner sämtlichen Untersuchungen mit.[1]) Er hat die Beobachtungen in fünf Gruppen zusammengezogen und für jede die mittlere heliographische Breite und die ihr entsprechende

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3994.

Rotationsgeschwindigkeit der betreffenden Sonnenregion in Kilometern abgeleitet, ebenso den täglichen Rotationswinkel ξ oder den Bogen, um welchen sich die betreffende Zone der Sonnenoberfläche innerhalb 24 Stunden dreht. Dividiert man also den Kreisumfang (360°) durch den täglichen Rotationswinkel, so erhält man die Dauer einer vollständigen Rotation in Tagen und deren Dezimalteilen. In der nachstehenden Tabelle bezeichnet φ die heliographische Breite, v die entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit in Kilometern pro Sekunde und ξ den entsprechenden täglichen Rotationswinkel.

φ	v	ξ
0.4°	2.08	14.77°
15.0	1.97	14.48
30.0	1.70	13.95
45.0	1.27	12.75
60.0	0.81	11.50
75.0	0.39	10.70

Man ersieht hieraus, wie bedeutend die Rotationsgeschwindigkeit und Rotationsdauer in den Gegenden des Sonnenäquators von denjenigen in der Region nahe den Polen der Sonne verschieden ist. Nahe unter dem Äquator beträgt die Rotationsdauer

$$360° : 14.77° = 24.37 \text{ Tage,}$$

unter 75° Breite

$$360° : 10.70° = 33.66 \text{ Tage.}$$

Diese Ergebnisse stimmen mit denjenigen, welche aus den Beobachtungen der Sonnenflecke abgeleitet wurden, genügend überein, sie sind aber um so wertvoller, als Flecke in der äquatorialen Region der Sonne und ebenso in hohen Breiten auf derselben, nicht vorkommen.

Untersuchungen über die Sonnenatmosphäre in den verschieden übereinandergelagerten Schichten derselben, hat bekanntlich seit mehrern Jahren M. G. Deslandres angestellt. Er gibt jetzt eine detaillierte Beschreibung der von ihm angewandten Instrumente und der erhaltenen Resultate.[1]) Hiernach ist beim gegenwärtigen Zustande der Forschung das Hauptobjekt der Sonnenbeobachtungen die tägliche Erforschung der Chromosphäre in allen ihren Dampfschichten, auf der uns gerade zugewandten Seite des Sonnenballes. Bis zum Jahre 1892, sagt Deslandres, war die Chromosphäre, welche aus allen tiefern und hauptsächlich gasförmigen Schichten der Sonnenatmosphäre besteht, nur sehr unvollkommen bekannt. Das Studium derselben beschränkte sich naturgemäß auf denjenigen Teil, welcher sich für uns außerhalb des Sonnenrandes darstellte und seit 1868 am Spektroskop direkt gesehen werden konnte. Der bei weitem größere Teil der Chromosphäre vor der Sonnenscheibe blieb unserer

[1]) Bulletin Astronomique 1905. **22.** p. 305. 337.

Beobachtung verborgen. Gegenwärtig aber kann dieser wichtige Teil mit Hilfe der Photographie ebenso leicht entschleiert werden, als derjenigen über dem Sonnenrande und die Protuberanzen. Die neue Methode findet auch auf die tiefsten Teile der Chromosphäre, welche als die „umkehrende Schicht“ bekannt sind, Anwendung, die für gewöhnlich am Rande der Sonnenscheibe im Spektroskop gar nicht gesehen werden kann. Die Methode ist überhaupt anwendbar auf alle Dämpfe der Sonnenatmosphäre, welche eine Emissions- oder Absorptionslinie im Spektroskop zeigen, und weiter auf alle verschiedenen Schichten eines und desselben glühenden Dampfes, soweit sie sich durch die verschiedenen Breiten einer und derselben Spektrallinie dokumentieren. Dieses Ergebnis, zu welchem Deslandres im großen und ganzen von 1892 bis 1894 bereits gelangte, wurde erhalten durch das methodische Studium des photographischen Sonnenspektrums und die Anwendung spezieller registrierender Spektrographen, welche durch Isolierung einer bestimmten Spektrallinie der Sonne die Gestalt und die radialen Bewegungen der korrespondierenden Dämpfe ergeben. Das Studium dieser Erscheinungen mittels der erwähnten Apparate ist anfangs nur an einer kleinen Anzahl von Observatorien betrieben worden, zu Chicago von Prof. Hale, zu Paris von Deslandres, dann noch an dem Privatobservatorium von Evershed. Erst später haben sich andere Observatorien diesen Beobachtungen angeschlossen. Als Deslandres 1891 seine Untersuchungen begann, war die Chromosphäre vor der Sonnenscheibe der Beobachtung unzugänglich, mit einer Ausnahme, nämlich bezüglich der hellen Strahlungen des Wasserstoffes in den roten Schleiern, welche gewisse Flecken bedecken und den hellen Linien H, K des Kalziums. Letztere hat zuerst Young durch Okularbeobachtungen am Spektroskop längs des Sonnenrandes erkannt, später auch in der unmittelbaren Nähe von Flecken.

In den Jahren 1891 und 1892 fand Deslandres, daß die Kalziumdämpfe vor der Sonnenscheibe leicht wahrgenommen werden können nicht nur über den Flecken, sondern auch über den Fackeln, durch helle, intensive Linien im photographischen Spektrum, welche sich von den dunklen Linien H und K abheben und dabei verdoppelt erscheinen, indem sie von einer feinen schwarzen Linie in der Mitte durchzogen werden. Dieses Ergebnis, mit einem einfachen Spektrographen erhalten, führte dann zur Konstruktion von zweispaltigen Spektrographen mit automatischer Bewegung, separaten Spektroheliographen, um die helle Linie zu isolieren und die Gestalten und radialen Geschwindigkeiten der Dämpfe auf der ganzen sichtbaren Sonnenscheibe zu registrieren. Diesen Apparaten, deren Prinzip übrigens schon bekannt war, liegt folgende allgemeine Anordnung zugrunde. Der Spektrograph ist beweglich senkrecht zur optischen Achse des Fernrohrobjektivs, welches auf dem Spalte des Kollimators (dem ersten Spalt) ein reelles Bild der Sonne erzeugt. In der Ebene

des Spektrums wird ein zweiter Spalt angebracht, welcher die Spektrallinie des Dampfes isoliert, und hinter diesem Spalte eine photographische Platte, die entsprechend der Bewegung des Spektrographen auch beweglich ist. Gibt man dem Spektrographen eine langsame, kontinuierliche Bewegung, so erhält man ein photographisches Bild der Dämpfe in der Sonnenatmosphäre. Behufs Ermittlung der Geschwindigkeiten isoliert der zweite, größere Spalt, außer der hellen Linie auch noch einen kleinen Teil des benachbarten kontinuierlichen Spektrums. Diese neue, im März 1892 zuerst für die ganze Sonnenscheibe angewandte Methode enthüllte eine kontinuierliche Reihe von Dämpfen, welche, einen Fleck umgebend oder diesem vorausziehend, in der Sonnenatmosphäre einen dem Äquator der Sonne parallelen Ring bilden. Um dieselbe Zeit erhielt Prof. Hale in Chicago mit einem andern Apparate ähnliche Resultate. Nachdem er mit dem 2. Spalte die helle Protuberanzlinie K isoliert hatte, fand er helle Regionen nicht nur am äußern Rande der Sonne, sondern auf der Scheibe selbst, und diese hellen Flecken mit den Sonnenfackeln, indem die entsprechenden Dämpfe sich mit den Fackeln vermischten. Daher gab Hale den von ihm erhaltenen Bildern die Bezeichnung Photographien der Fackeln.[1]) Deslandres geht genauer auf die Einzelheiten seiner Arbeiten ein und faßt die Ergebnisse zu Sätzen zusammen. So kam er zu dem Schlusse, daß die durch Isolierung der hellen Kalziumlinie mit dem Spektrographen erhaltenen Bilder die vollständige Chromosphäre der Sonnenscheibe darstellen, so wie man sie sehen würde, wenn sie isoliert am Himmel wäre. Diese Bilder stellen also nicht die Fackeln dar, wie Hale seit 1892 behauptete. Die Fackeln, schrieb schon 1893 Deslandres, sind gewissermaßen das Skelett, über welchem die Dämpfe sich fixieren, indem sie dasselbe bedecken. Die hellen Stellen der Chromosphäre sind aber auch die höhern in der Sonnenatmosphäre, Deslandres hat sie seit 1904 mit dem Namen F a c u l i d e n bezeichnet.

Er bespricht dann die Sonnenbilder, welche von den dunklen Linien des Spektrums erhalten wurden, wobei hauptsächlich die breiten Linien H_1 und K_1 zur Verwendung kamen, aber auch andere dunkle Linien des Eisens, Aluminiums, Kalziums usw. Die erhaltenen Bilder entsprechen der sogenannten umkehrenden Schicht, welche die Basis der Chromosphäre bildet in unmittelbarer Berührung mit der eigentlichen Sonnenoberfläche. Während der Beobachtungen bis 1900 verschwanden die großen hellen Flächen gleichzeitig mit den Fackeln und Flecken, aber das sogenannte chromosphärische Netz mit seinen feinen Maschen blieb bestehen. Mit dem Jahre 1902 begannen die Flecken wieder häufiger zu werden, und gleichzeitig wurde von Hale und Ellermann der große Yerkes-

[1]) Astronomy and Astrophysics 1892 und 1893.



Die Korona während der Totalität am 30. August 1905 nach dem Anblick mit bloßem Auge in Burgos.

refraktor mit einem entsprechenden Spektroheliographen auf die Untersuchung des hier in Rede stehenden Phänomens angewandt. Über die neuern und verbesserten Apparate Deslandres' muß man das Original nachlesen. Von den von ihm erhaltenen Photographien sind zwei auf Tafel I reproduziert. Die Abbildung A gibt ein Bild der Sonne (der Chromosphäre), welches mit dem Lichte der Kalziumlinie K_2 am 23. Mai 1905 erhalten wurde. B ist ein Bild der umkehrenden Schicht, erhalten mit der Linie von der Wellenlänge $\lambda = 3883$, am selbigen Tage. Dieses letztere stellt also die unterste Region dicht über der eigentlichen Sonnenoberfläche dar.

Die Helligkeitsverteilung des ultravioletten Lichtes auf der Sonnenscheibe wurde von K. Schwarzschild und W. Villiger studiert.[1]) Die Abnahme der Helligkeit auf der Sonnenscheibe von der Mitte nach dem Rande, ist wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen. Aus den letzten Jahrzehnten liegen namentlich drei genauere Messungsreihen vor. Prof. H. C. Vogel[2]) hat im Jahre 1871 aus Aufnahmen auf Chlorsilberpapier die Helligkeitsabnahme für die Gesamtheit der photographisch wirksamen Strahlen bestimmt; im Jahre 1877[3]) hat er sie mit einem Spektralphotometer für eine Reihe von Wellenlängen im sichtbaren Spektrum visuell beobachtet. Prof. Very[4]) hat neuerdings die Helligkeitsverteilung durch das sichtbare Spektrum hindurch und darüber hinaus ins Ultrarot bis zu 1.5 μ mit dem Bolometer verfolgt. Die Untersuchung von Schwarzschild und Villiger dehnt das Wellenlängenbereich nach dem Ultraviolett zu bis zur Wellenlänge 0.32 μ aus. Die benutzte Methode war die folgende: In dem Schottschen Glaswerke zu Jena werden seit einiger Zeit Glassorten (U. V. Glas) hergestellt, die in Schichten von mehrern Zentimetern Dicke gute Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht bis zu einer Wellenlänge von 0.30 μ herab aufweisen; anderseits ist bekannt, daß dünne Silberschichten, die für längere Wellenlängen völlig undurchsichtig und die besten Spiegel sind, etwa in der Gegend von 0.34 μ ziemlich plötzlich ihre Reflexionsfähigkeit verlieren und durchsichtig werden. Prof. R. Straubel kam auf den Gedanken, ein Lichtfilter für ultraviolettes Licht herzustellen, dadurch, daß er solches ultraviolett-durchlässige Glas mit einer dünnen Silberschicht überzog. Für die beabsichtigten Sonnenaufnahmen liefert dieser Gedanke ein außerordentlich einfaches Verfahren, indem nichts weiter nötig war, als das zur Aufnahme dienende Objektiv aus U. V. Glas auf einer oder mehrern (im vorliegenden Falle zwei) Flächen zu versilbern. Bezüglich der Wellenlängen, welche von dem so entstehenden Lichtfilter durchgelassen werden, ergab sich, daß

1) Physikalische Zeitschrift 1905. **6**. p. 737.
2) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1871.
3) Ebenda 1877.
4) Astrophysical Journal 1902. **16**.

nur ein schmaler Spektralstreif von den Wellenlängen 0.320 bis 0.325 μ durchgelassen wurde, und daß derselbe sich bei starker Überexposition nur auf 0.315 bis 0.327 μ ausdehnte.

Bezüglich der Anordnung der Versuche und der Beobachtungs-, sowie Berechnungsmethode muß auf das Original verwiesen werden. Das Endresultat der Untersuchung ist in folgender Tabelle enthalten. In derselben gibt die letzte Spalte die aus dem Größenklassenunterschied folgende Intensität mit der Intensität J_0 im Zentrum der Sonne als Einheit.

Abstand v. Mittelpunkt	Mittel	$\frac{J}{J_0}$
0.000	0.00m	1.000
0.267	0.06	0.946
0.534	0.21	0.824
0.735	0.43	0.673
0.868	0.71	0.520
0.935	1.00	0.398
0.968	1.29	0.305
0.982	1.46	0.261
0.988	1.58	0.233
0.995	1.73	0.203

Die Bestimmungen haben im ganzen wohl dieselbe Sicherheit wie sie die Vogelschen Messungen im sichtbaren Spektrum besitzen. „Hingegen ist die Helligkeitsabnahme weiter nach dem Rande hin verfolgt, als bei den frühern Beobachtern. Während Very bei 0.95, Vogel bei 0.97 des Sonnenradius stehen bleibt, liegt kein Grund vor, warum man die hier für $x = 0.982$ und 0.988 gewonnenen Zahlen nicht für einen reellen Ausdruck der Sonnenhelligkeit in diesen Abständen vom Mittelpunkte halten sollte. Das gleiche wird man freilich nicht von dem Werte für $x = 0.995$ behaupten dürfen, wo schon Irradiation in der Schicht und Abbildungsfehler des Objektivs vom Betrage einiger Bogensekunden in Betracht kommen. Vergleichen wir nun die Ergebnisse, die für $\lambda = 0.320\ \mu$ gewonnen sind, mit den Resultaten, die Prof. Vogel für Rot und Violett erhalten hat. Das merkwürdige Ergebnis, das sich dabei herausstellt, ist: Während beim Übergange von Rot zu Violett der Abfall der Sonnenhelligkeit durchweg ein stärkerer wird, ist im Ultraviolett der Abfall von der Sonnenmitte weg zwar zunächst auch noch stärker als im Violett, er verlangsamt sich aber bei der Annäherung an den Rand, so daß die Abschwächung dicht am Rande schließlich für das Ultraviolett noch geringer wird als für das Violett.

Dies Verhalten widerspricht völlig der Analogie mit der Erdatmosphäre, deren Absorption bekanntlich außerordentlich rasch nach dem Ultraviolett hin zunimmt. Es tritt dies als neues Faktum hinzu zu der bereits von Prof. Vogel bemerkten Tatsache, daß die Form des Abfalles ebenfalls nicht den in der Erdatmosphäre geltenden Gesetzen entspricht, zumal für das Ultraviolett.

Es liegen zwei Erklärungsversuche für die besondere Form der Kurven vor. Seeliger [1]) schreibt der Sonnenatmosphäre am Boden einen viel stärker von 1 verschiedenen Brechungsexponenten zu, als ihn die Erdatmosphäre besitzt; Schuster [2]) berücksichtigt die Eigenstrahlung der Sonnenatmosphäre. Für beide Fälle ist indessen die Theorie nicht weit genug entwickelt, um eine unmittelbare Vergleichung mit den Messungen in der Nähe des Sonnenrandes zu gestatten."

Die Sonnenfinsternis am 30. August 1905 ist auf der Zone der Totalität von Kanada, über Spanien, Algerien und Tunis bis nach Oberägypten von einer nicht geringen Anzahl wissenschaftlicher Expeditionen mit mehr oder weniger Wetterglück beobachtet worden. Am ungünstigsten waren die Beobachter in Labrador gestellt, auch in Spanien hat Bewölkung viele Anstrengungen vereitelt, am günstigsten war die Witterung in Afrika. Die endgültigen Ergebnisse der einzelnen Beobachtungsexpeditionen werden erst später zur Veröffentlichung gelangen; für jetzt läßt sich nur sagen, daß neue Wahrnehmungen von besonderm Charakter nicht gemacht worden sind.

Beobachtungen in Spanien. Burgos. (Tafel II.) Trotz der Wolken wurden gute Aufnahmen erhalten. Die Korona wurde auch spektroskopisch erfolgreich untersucht. Zu Soria, wo die Astronomen der Sternwarte von San Fernando stationiert waren, konnten gute Beobachtungen erhalten werden. Man sah mit bloßem Auge den Planeten Venus. Zu Alahama, wo die Beobachter der Licksternwarte weilten, war das Wetter ziemlich ungünstig. Die den verschiedenen Stationen von Madrid aus telegraphisch mitgeteilten Zeiten des Anfangs der Finsternis waren vielfach unrichtig (infolge Nachlässigkeit des Telegraphenbureaus).

Algerien. In Guelma beobachtete E. Stephan in Gemeinschaft mit Borrelly unter sehr günstigen atmosphärischen Umständen.[3]) Es wurden nur Okularbeobachtungen angestellt mit Hilfe eines Spiegelteleskops von 0.4 *m* Öffnung und eines Refraktors von 95 *cm* Objektivdurchmesser. Nachdem der letzte Lichtpunkt der Sonnenscheibe verschwunden war, erschien sofort die Korona in ihrer ganzen Pracht. Der zweite Kontakt wurde von beiden Astronomen beobachtet und gleichzeitig das plötzliche, aber vorübergehende Erscheinen eines dünnen Saumes von sehr lebhafter karminroter Farba, der sich nach beiden Seiten vom Berührungspunkte etwa 40° erstreckte und eine glatte äußere Oberfläche darbot; nach 2 bis 3 Sekunden war er vom Monde bedeckt. Gleichzeitig waren etwas weiter

[1]) Sitzungsbr. der bayr. Akademie der Wissenschaften **21.** München 1891.

[2]) Astrophysical Journal **16.** 1902.

[3]) Compt. rend. 1905. **141.** p. 579.

im Norden drei prächtige Protuberanzen erschienen, die auf einer Schicht von Protuberanzmasse ruhten, welche teilweise unter dem roten Saume lagerte. Sie hatten eine etwas dunkle korallenrote Farbe und waren oben gezackt; die höchste fast am Äquator liegende erreicht 2 bis 3′; sie waren sehr ruhig und zeigten, während der Mond sie langsam bedeckte, keine Veränderung. Weitere Protuberanzmassen wurden auf dem ganzen Umfange der Mondscheibe nicht gesehen.

Die weiße, glänzende Korona hatte eine Höhe von 5 bis 6′, in den von der Sonne entferntern Teilen war sie von perlgrauer Farbe. Anfangs schien sie in ihrer ganzen Ausdehnung fast gleichförmig und erstreckte sich in der Richtung des Äquators zu beiden Seiten des Mondes anderthalbmal so weit, als der Durchmesser des letztern, im Osten etwas weiter als im Westen. Die Depressionen an den Polen waren wenig ausgesprochen. Schwach fadenförmige Strahlen hoben sich nur schlecht vom Reste ab und verloren sich, dunkler werdend, unmerklich am Himmel. Bei längerer Betrachtung einzelner Teile konnte man jedoch Partien erkennen, von denen einige ungefähr Blumenblättern ähnlich waren, wodurch die Korona der von Liais im Jahre 1858 beschriebenen ähnlich wurde. Diese Abteilungen blieben nicht beständig, und die Verschiedenheit benachbarter Teile in Helligkeit und Farbe schien während der Totalität sich zu ändern.

Nach dem zweiten Kontakte hatte Stephan auf den ersten Rand zurückgeblickt, dort aber nichts Besonderes wahrgenommen. Kurz vor dem dritten Kontakte entdeckte er aber daselbst eine beträchtliche farbige Masse, aus der sich eine große Protuberanz erhob. Ihre Farbe war weniger lebhaft als die der Protuberanzen am Ostrande, aber die Masse selbst höher, wahrscheinlich betrug sie 3 bis 4′. Borrelly glaubt, die Entstehung dieser Protuberanz beobachtet zu haben, denn 16 bis 17 Sekunden vor dem dritten Kontakte sah er ein Bündel heller, strohgelber Strahlen bis zur Grenze der Korona sich erheben.

Die drei Protuberanzen hat Borrelly während der Totalität mit bloßem Auge gesehen; ferner Venus, Merkur, Regulus, Arctur und die sechs hellen Sterne des großen Bären. Zwischen Merkur und Regulus hat er mit dem Fernrohre weder einen Planeten, noch einen Kometen entdecken können. Die Sterne B. A. C. 3622 und 3649 Leonis von 6. und 7.5 Größe waren von der Korona bedeckt und unsichtbar. Nach dem Wiedererscheinen des Sonnenlichtes konnte Borrelly noch die große Protuberanz des ersten Randes sehen, die erst 20 Sekunden später erlosch, die Korona sah er 45 Sekunden und den aschfarbenen Mond noch 2 Minuten nach der Totalität. Stephan konnte, während der aschfarbene Mond nach dem dritten Kontakte sich über die Korona wegschob, diese noch 2 Minuten und 35 Sekunden nach dem Ende der Totalität wahrnehmen.

In S f a x war die Totalität gut zu beobachten. Die englischen Beobachter widmeten ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich dem

untern (der Sonnenoberfläche nächsten) Teile der Korona. Die Italiener beschäftigten sich hauptsächlich mit dem Studium des Spektrums. Der Abbé Moreux von dem Observatorium in Burgos bestimmte lediglich die Ausdehnung der Korona. Die Temperatur sank während der vollständigen Verfinsterung auf 27°. Viele der Eingeborenen wurden durch die Finsternis, obgleich sie vorher von dem kommenden Ereignisse unterrichtet worden waren, in Furcht versetzt und flohen Hals über Kopf aus der europäischen Stadt nach den arabischen Vierteln, wo zahlreiche Weiber mit allen möglichen Gegenständen einen heillosen Skandal machten, um die bösen Geister zu vertreiben. Die Moscheen waren gefüllt mit betenden Mohammedanern.

Tripolis. An den Beobachtungen bei Tripolis nahmen drei verschiedene Expeditionen teil, eine amerikanische, eine italienische und eine französische. Die Führer dieser Gruppen waren David Todd vom Amherst College, Professor Millesovich von Rom und Monsieur Libord (?) aus Paris. Die totale Verfinsterung wurde bei klarer Atmosphäre beobachtet. Sie dauerte 3 Minuten 4 Sekunden. Die Schattenbänder auf dem Erdboden waren besonders deutlich, sie begannen 10 Minuten vor der Totalität. Die Korona war gleichmäßig entwickelt ohne lange Strahlen. Professor Todd machte eine große Anzahl von Photographien mittels seines automatischen Apparats zum Photographieren der Korona.

Ägypten. Aus Assuan wird gemeldet, daß die Beobachtung der Sonnenfinsternis bei bestem Wetter stattfand. Die Korona war von mäßiger Größe. Die Totalität dauerte 2 Minuten 24 Sekunden Der längste Strahl der Korona wurde in südöstlicher Richtung gesehen. Er hatte eine Länge von etwa 1½ Sonnendurchmessern.

Planeten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1904. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte (bis Anfang Februar 1905) als neu entdeckt eingereiht worden:

Bezeichnung		Entdeckung					
517	MH	1903	Sept.	22	von	Dugan	Königstuhl
520	MV		Okt.	27	„	Wolf u. Götz	Königstuhl
521	Brixia	1904	Jan.	10	„	Dugan	Königstuhl
522	NC		„	10	„	Wolf	Königstuhl
523	ND		„	27	„	Dugan	Königstuhl
524	NN		März	14	„	Wolf	Königstuhl
525	NO		„	14	„	„	Königstuhl
526	NQ		„	14	„	„	Königstuhl

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft **40**. p. 74.

Bezeichnung		Entdeckung				
527	NR	März	20	„	Wolf	Königstuhl
528	NS	„	20	„	„	
529	NT	„	20	„	„	
530	NV	April	11	„	„	
531	NW	„	12	„	„	
532	Herculina	„	20	„	Götz	
533	NZ	„	19	„	Dugan	
534	OA	„	19	„	„	
535	OC	Mai	7	„	„	
536	OF	„	11	„	G. H. Peters	Washington
537	OG	Juli	7	„	Charlois	Nizza
538	OK	„	18	„	Götz	Königstuhl
539	OL	Aug.	2	„	Wolf	
540	ON	„	3	„	„	
541	OO	„	4	„	„	
542	OQ	„	15	„	Götz u. Kopff	
543	OT	Sept.	11	„	Götz	
544	OU	„	11	„	„	
545	O Y	Okt.	3	„	„	
546	PA	„	10	„	„	
547	PB	„	14	„	„	
548	PC	„	14	„	„	
549	PK	Nov.	15	„	Wolf	
550	PL	„	16	„	„	
551	PM	„	16	„	„	
552	OP	Dez.	14	„	„	
553	PP	„	27	„	„	

Außer diesen mußten 22 anscheinend neue Planeten wegen ungenügender Beobachtung bei der Berechnung der Elemente unberücksichtigt bleiben. Die im vorjährigen Berichte an letzter Stelle genannten sechs Planeten haben inzwischen folgende Nummern erhalten:

L Y = (513), MB = (514), ME = (515),
MG = (516), MO = (518), MP = (519).

Mit Namen versehen sind nachträglich die in frühern Berichten noch nicht benannten Planeten:

(394)	Arduina	(447)	Valentine	(451)	Patientia
(442)	Eichsfeldia	(448)	Natalie	(460)	Scania
(443)	Photographica	(449)	Hamburga	(499)	Venusia
(446)	Aeternitas	(450)	Brigitta	(509)	Jolanda

Die Hauptelemente der für die neuen Planeten berechneten Bahnen sind:

	☊		i		φ		a	Berechner
(517)	277°	38.6′	3°	10.0′	10°	6.1′	3.13	Kohlschütter
(520)	34	59.9	11	0.3	6	0.3	3.01	Götz
(521)	90	25.5	10	29.5	16	16.4	2.74	Millosevich
(522)	119	47.4	3	27.3	10	23.6	3.90	Lassen
(523)	262	8.3	4	18.8	10	8.3	2.97	Berberich
(524)	327	1.5	8	11.7	6	24.0	2.64	„
(525)	125	50.1	3	15.1	21	46.7	3.34	P. V. Neugebauer

	☊		i		φ		a	Berechner
(526)	136	28.9	2	4.8	7	43.8	3.11	Hessen
(527)	120	41.3	9	40.0	8	38.8	2.73	P. V. Neugebauer
(528)	51	44.6	12	42.8	1	8.1	3.40	Berberich
(529)	65	48.5	11	3.7	5	45.1	3.02	P. V. Neugebauer
(530)	130	4.4	8	26.0	10	27.3	3.23	,,
(531)	197	43.9	34	33.1	10	54.7	2.80	Berberich
(532)	108	17.2	16	22.3	10	5.9	2.77	Götz
(533)	180	39.3	6	23.3	3	26.0	2.99	P. V. Neugebauer
(534)	93	35.7	3	19.5	5	47.8	2.88	Bauschinger
(535)	84	40.7	6	48.1	1	51.2	2.57	Dugan
(536)	60	51.3	19	24.1	5	38.2	3.50	Strömgren
(537)	121	19.7	9	46.4	13	3.6	3.07	P. V. Neugebauer
(538)	142	19.6	6	36.4	9	22.7	3.16	,,
(539)	275	33.1	6	47.3	12	20.3	2.74	,,
(540)	201	56.6	5	33.3	5	3.1	2.22	,,
(541)	268	25.4	5	57.5	2	33.6	2.82	P. V. Neugebauer
(542)	153	31.4	12	2.3	8	13.6	2.90	Berberich
(543)	296	35.4	8	26.9	9	2.0	3.06	,,
(544)	298	48.0	8	19.0	8	37.6	2.59	,,
(545)	334	48.4	11	9.5	10	25.9	3.19	,,
(546)	21	59.1	14	45.1	6	58.3	2.61	Berberich
(547)	193	24.9	16	56.7	13	46.1	2.77	,,
(548)	107	45.7	3	55.6	10	48.2	2.31	,,
(540)	292	20.0	3	55.7	14	55.7	2.69	,,
(550)	271	0.1	10	6.7	12	38.7	2.59	,,
(551)	8	52.3	0	26.2	7	6.5	2.96	Berberich
(552)	268	45.3	7	26.0	4	4.0	3.16	,,
(553)	71	55.0	5	17.1	6	21.7	2.22	,,

„Besonders bemerkenswert sind unter diesen Elementen", sagt Lehmann, „diejenigen des Planeten (522), welcher in seinem Aphel dem Jupiter außerordentlich nahe kommen kann. Die Planeten, welche überhaupt eine größere Annäherung an Jupiter erreichen, sind:

(517)	mit Δ_0 =	1.75	J = 1.9°
(522)	,,	0.48	4.7
(523)	,,	1.82	3.1
(525)	,,	0.94	4.5
(526)	,,	1.59	3.2
(530)	,,	1.50	9.6,

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann, und J die Neigung der Bahnebene des Planeten gegen diejenige des Jupiter.

Der Erde verhältnismäßig nahe kommen können die Planeten

(521)	mit Δ =	1.00	zur	Oppositionszeit	Nov. 6
(548)	,,	0.89	,,	,,	Dez. 1
(549)	,,	1.01	,,	,,	Dez. 18
(553)	,,	0.99	,,	,,	Dez. 2

Größere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei den Planeten

(530)	☊ = 130.1°	i = 8.4°	φ = 10.5°	a = 3.23
(52)	130.0	7.4	6.5	3.09
(534)	☊ = 93.6	i = 3.3	φ = 5.8	a = 2.88
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04
(452)	92.9	3.2	1.2	2.85
(540)	☊ = 201.9	i = 5.6	φ = 5.1	a = 2.22
(189)	203.5	5.1	2.1	2.45
(543)	☊ = 296.6	i = 8.4	φ = 9.0	a = 3.06
(507)	295.2	9.6	5.8	3.16

Von den 20 Planeten (495) bis (503), (506) bis (511) und (513) bis (517), welche seit dem letzten Berichte zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (498), (502), (503), (507), (510), (511), (514) und (516) in der zweiten Erscheinung beobachtet; von den Planeten (487) und (490) ist die Beobachtung in der zweiten Erscheinung nachträglich nach Abschluß meines vorjährigen Berichtes bekannt geworden.

Von ältern, bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(498)	in	der	3.	Erscheinung
(488)	,,	,,	8.	,,
(485)	,,	,,	3.	,,
(472)	,,	,,	3.	,,
(467)	,,	,,	4.	,,
(450)	,,	,,	5.	,,
(438)	,,	,,	4.	,,
(436)	,,	,,	6.	,,
(428)	,,	,,	6.	,,
(411)	,,	,,	7.	,,
(355)	,,	,,	10.	,,
(319)	,,	,,	12.	,,

Von den Planeten (488), (498) und (507) sind inzwischen noch Beobachtungen, welche vor der anfänglich angegebenen Entdeckungsepoche liegen, als solche erkannt worden.

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1904 entdeckten, ist nunmehr auf 104 angewachsen."

Die Gesamtzahl der kleinen Planeten mit genügend bekannten Bahnelementen betrug Anfang Februar 1905 553.

Beobachtungen des Mars während der Opposition von 1903 hat P. B. Molesworth angestellt.[1]) Diese Opposition war nicht sehr günstig, insofern die Scheibe des Planeten während der größten Annäherung an die Erde nur 14.6″ groß erschien. Dagegen bot die

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. p. 825.

Richtung der Marsachse eine günstige Lage der nördlichen Hemisphäre, und der geringe Durchmesser der nördlichen Schneezone gestattete, die Details der Oberfläche bis in große Nähe des Poles wahrzunehmen. Das Frühlingsäquinoktium der nördlichen Marshemisphäre trat ein 1902, August 12, die Sonnenferne des Mars fand statt 1903, Januar 13, das Sommersolstitium der nördlichen Hemisphäre 1903, Februar 27, die Opposition des Planeten 1903, März 29 und das Herbstäquinoktium seiner Nordhemisphäre am 28. August. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum vom 13. Februar bis 7. Juni. Gelegentliche Beobachtungen wurden auch in den Monaten Juli, August und September angestellt. Die angewandte Vergrößerung war durchweg 450 fach. Während der Beobachtungszeit wurden 104 Zeichnungen des Aussehens der Marsscheibe entworfen, von denen Major Molesworth die sechs besten veröffentlichte, um das typische Aussehen des Mars im Jahre 1903 zu versinnlichen. Von diesen sind zwei hier auf Tafel III reproduziert. Die erste zeigt den Mars April 7 4^h 13^m m. Zt. von Greenwich, als der Meridian von 247° auf der Mitte der Scheibe stand. Das Zentrum der Scheibe entspricht auf dem Mars der nördlichen Breite von 23.4°. Der helle Doppelfleck unten ist der nördliche Polarfleck. Von diesem aufwärts gegen die Mitte der Scheibe hin sieht man einen matten runden Fleck (Nubis Lacus), von dem nach unten hin rechts zwei Kanäle (Casius) auslaufen, die mit zwei großen matten Flecken (Copais Lacus) endigen. Sie werden dort von einem matten Doppelstreifen (Boreosyrthis) geschnitten, der aus einem größern runden Flecke (Coloë Palus) herkommt. Anderseits läuft von Nubis Lacus ein langer bogenförmiger Kanal (Alcyonius), der eine halbmondförmige helle Fläche (Aetheria) umschließt, sich nach aufwärts wendet und dort einen dunklern hakenförmigen Streifen trifft, dessen Spitze einen dunklen rundlichen Fleck (Trivium Charontis) zeigt. Die helle einförmige Fläche, welche sich hier zeigt (Elysium), ist nach rechts hin durch einen leichten Strich abgegrenzt. Ein gerader dunkler Kanal (Cyclops) führt aufwärts (südwärts) zu einem dunklen Doppelbogen (Mare Cimmerium), über dem ein langer schmaler bogenförmiger Strich die Grenze des Mare Tyrrhenum bezeichnet. Der große dunkle, gegen Süden spitzig auslaufende Fleck nahe dem rechten Rande ist Syrthis major; sie zeigt links an der hervorragenden Spitze einen kleinen runden Fleck (Lacus Moeris), von dem ein matter Kanal gegen das Mare Tyrrhenum ausläuft.

Die zweite Abbildung stellt den Mars dar April 2 4^h 0^m m. Greenwicher Zeit. Man sieht nahe der Mitte der Scheibe Syrthis major, darunter den runden Fleck Coloë Palus und von diesem nach rechts bis gegen den Rand der Scheibe hin sich verlaufend den mächtigen Protonilus. Ein zweiter, größerer, rundlicher Fleck schräg unter Coloë Palus und mit diesem durch einen breiten Kanal verbunden, ist Copais Lacus. Von ihm läuft ein langer bogenförmiger Streifen

aus, der sich links nach oben zieht und mehrere dunklere Stellen aufweist, es ist Casius. Der matte schmale Kanal, welcher vom Coloë Palus rechts schräg aufwärts zieht und von zwei andern Kanälen senkrecht durchschnitten wird, ist Phison, er endigt oben in der Spitze des Sinus Sabaeus.

Von Verdopplung der Kanäle hat der Beobachter wenig wahrgenommen; am deutlichsten schienen ihm solche zu bestehen bei Boreosyrthis (April 2 bis 5), Cerberus (April 14), Nilosyrthis (April 4 und 5). Casius hält er nicht für einen Kanal in dem angenommenen Sinne des Wortes, sondern mehr für einen mit dunklen Flecken besetzten Randteil von Utopia. Am Rande und an der Lichtgrenze wurden verschiedene Male kleine helle Hervorsprünge gesehen und längs der Lichtgrenze eine Art Dämmerungssaum. Der Beobachter hebt besonders hervor, daß zu Marsbeobachtungen gute Luft und vollkommene Definition der Bilder unumgänglich erforderlich ist. Das Aussehen des Planeten in den besten Nächten sei vollständig verschieden von denjenigen in weniger (nicht vollkommen) guten Nächten, auch bei gleicher Vergrößerung. Dunkle Streifen, die in letztern aber gleichförmig und gerade erscheinen, lösen sich in den besten Nächten in sehr komplizierte Strukturen, und es werden dann ganz unerwartete Details sichtbar. Solche vorzügliche Nächte sind aber auch auf Ceylon selten, es genügen dann aber eine oder zwei, um auch den skeptischsten Beobachter von der objektiven Realität der meisten sogenannten Kanäle zu überzeugen. Das auf dem Mars sichtbare Detail teilt der Beobachter wie folgt in Klassen ein: 1. Polarflecken, 2. dunkle Polarstreifen (Marshes), 3. Meere oder Seen, 4. Kontinente, 5. Halbtöne, 6. Kanäle, 7. Oasen. Die Formen 3, 4 und 5 gehen durch unmerkliche Zwischenstufen ineinander über, so daß keine strenge Grenze zwischen ihnen gezogen werden kann. Unter den Kanälen gibt es verschiedene völlig gesonderte Erscheinungen, die unter der gleichen Benennung zusammengeworfen werden: Große, knotige Striche, dunkle Flächen von beträchtlicher Ausdehnung mit dunklen Ecken, breite gleichförmige Streifen, unregelmäßige Begrenzungen von dunklen Flächen, schmale, gut definierte Streifen und feine an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehende Linien, alle diese Formen werden gleichmäßig Kanäle genannt. Dies ist indessen mindestens unwissenschaftlich, da es doch nach Ansicht von Molesworth möglich sein sollte, diese Gestalten in wissenschaftlicherer Weise voneinander zu sondern. Er schlägt deshalb folgende allgemeine Unterscheidung des Marsdetails vor:

A. Kontinente, B. Meere, C. Kanäle (in Ermanglung eines geeignetern Wortes). Die Seen und Halbtöne, welche auf den Kontinenten auftreten, gruppiert er unter B, und die Halbtöne in den Meeren unter A. Die Unterabteilungen würden folgende sein:

A. Kontinente: 1. Helle kontinentale Flächen, zum Teil von sehr dunklen Meeren umrandet. (Beispiele: Edom, Gryse.)

2. Kontinentale Flächen mit schwacher Umrandung, im allgemeinen dargestellt durch eine leichte Änderung des Tones (z. B. Amazonis, Eden).

3. Flächen, welche durch bestimmte Streifen mit oder ohne Änderung des dunklen Tones begrenzt werden (z. B. Dioscura, Cydonia).

4. Schattierte Flächen, von bestimmten Streifen umrandet (z. B. Titania, Utopia).

5. Halbtöne, in der Begrenzung mehr oder weniger rechtwinklig und in den Meeren auflebend (z. B. Hesperia, Atlantis).

6. Schwach schattierte Flächen ohne klare Ränder (z. B. der nördliche Teil von Thaumasia).

B. Meere: 1. Große gefleckte Meere von unregelmäßiger Gestalt (z. B. Syrthis major).

2. Längliche Meere, mehr oder weniger rechtwinklig in ihren Umrissen, bisweilen verdoppelt auftretend (z. B. Mare Cimmerium, Sinus Sabaeus).

3. Abgetrennte große Seen, im Umrisse rundlich oder oval (z. B. Lacus Solis).

4. Abgetrennte kleine Seen, rundlich oder oval (z. B. Siloë Fons).

5. Große, abgetrennte, unregelmäßige Seen (z. B. Mare Acidalium).

6. Kleine unregelmäßige Seen (z. B. Oxia Palus).

7. Halbtöne mit dunkler Umrandung, auf den Kontinenten auftretend (z. B. Ceraunius, Nilokeras).

C. Kanäle: 1. Große unregelmäßige Streifen, die bisweilen verdoppelt erscheinen (z. B. Cerberus, Protonilus).

2. Breite, verwachsene Streifen, bisweilen sich verdoppelt zeigend (z. B. Tamona, Gigas).

3. Schmale gleichförmige Streifen (z. B. Laestrygon, Gihon).

4. Schmale gleichförmige Linien (Lowells Kanäle).

5. Unregelmäßige, dunkle Umrandungen von Halbtönen (z. B. Casius, Granicus).

6. Streifenförmige Ränder von Halbtönen (z. B. Pierius, Deuteronilus).

7. Ränder von Halbtönen ohne bestimmte dunkle Streifen (z. B. Poros, Cantabias).

In mehrern Fällen zeigen sich Übergänge der verschiedenen Klassen ineinander, und für diese schlägt Molesworth die Bildung von Zwischenabteilungen vor. So könnte z. B. Cerberus als B_2 - C klassifiziert werden. Dieser Vorschlag verdient ernstliche Beachtung.

Was die Verdopplung der Kanäle anbelangt, so ist Molesworth der Überzeugung, daß eine solche in dem Sinne, daß aus einer schmalen feinen dunklen Linie plötzlich zwei deutlich voneinander getrennte neue Linien entständen mit allen Eigentümlichkeiten der ersten,

überhaupt nicht vorkommt. Die Fälle von Verdopplung, die er auf dem Mars gesehen hat, kamen gewöhnlich bei einer Formation vor, die in die Unterabteilung C_1 und C_2 der obigen Klassifikation fallen. In der ersten Abteilung ist das Phänomen, wie Maunder 1892 gezeigt hat, streng analog dem Vorkommen von Aufhellungen, welche in den Zentren der kleinen Meere (Klasse B_2) auftreten. In der zweiten Abteilung erscheint der Kanal selbst bei bester Definition als breiter, gleichförmiger Streifen, aber unter den allergünstigsten Umständen erkennt man, daß dieser Streifen an jeder Seite mit einer etwas dunklern Linie berandet ist. Eine plötzliche Änderung in der Position der dunklen Ränder findet nicht statt, und die Verdopplung zeigt sich im allgemeinen nicht bei den feinsten Details. Dagegen weist der Beobachter auf die Tatsache hin, daß in vielen Regionen des Mars unter den verschiedenen Kanälen ein strenger Parallelismus unzweifelhaft besteht. Als solche Systeme von Parallelkanälen führt er beispielsweise an: Iris, Sirenum, Titan, Laestrygon, Cyclops, Auranthes, dann Araxes, Gorgon, Brontes, ferner Tartarus, Antaeus von zahlreichen andern zu schweigen. Solche parallele Kanäle, besonders mit etwas Abschattung zwischen sich, geben leicht das Aussehen einer Doppelteilung. Hierdurch erklärt sich die Tatsache, daß ein Kanal zu gleicher Zeit, aber von verschiedenen Beobachtern als schmal und einfach, als breit und einfach und als verdoppelt bezeichnet worden ist. Im ersten Falle wurde von zwei benachbarten Kanälen nur einer gesehen, der feinere und die Abschattierung dazwischen aber nicht, im zweiten Falle wurde nur die Abschattierung, aber nicht die beiderseitigen dunklen Grenzlinien wahrgenommen, während im dritten der Beobachter diese beiden dunklen Grenzlinien bemerkte, aber nicht den Schatten zwischen ihnen. Wenn man erwägt, daß es sich hier um die allersubtilsten Wahrnehmungen handelt, so kann man der gegebenen Erklärung wohl beipflichten. Daß die größere Mehrzahl der sogenannten Kanäle tatsächlich existiert, davon ist Molesworth persönlich völlig überzeugt, wenngleich er zugibt, daß die feinsten davon nicht gerade genau die Gestalt besitzen, welche wir ihnen zuschreiben. In den besten Momenten erschienen sie ihm als streifig, aber nicht als strenge Linien. Er stimmt Maunder darin bei, daß das Aussehen derselben für uns zustande kommt dadurch, daß das Auge eine große Zahl von Fleckchen aneinander reiht, die einzeln zu klein sind, um wahrgenommen zu werden. Die Versuche von Maunder, Lane und andern mit künstlichen Scheiben haben die Möglichkeit gezeigt, daß die Marskanäle in gewissen Fällen nur optische Täuschungen sind. Diese Versuche sind aber von einigen so gedeutet worden, als wenn sie klar nachwiesen, daß alle Marskanäle nur Illusionen seien. Letzteres ist aber keineswegs durch jene Versuche erwiesen. Wenn aber, wie Maunder ausführt, immer gewisse Details da sind, die aber nur zu klein sind, um einzeln wahrgenommen zu werden, so muß man sich fragen,

wo endigt die Realität, und wo beginnt die Illusion? Es ist, bemerkt Molesworth, absurd, solche dunkle Streifen wie Cerberus, Ganges, Nilosyrthis und Agathodämon als Illusion auszugeben, sie sind vielmehr ebenso real wie die Streifen des Jupiter und bei günstiger Stellung auf der Marsscheibe und guter Luft selbst für verhältnismäßig mäßige Instrumente höchst leichte Objekte. Ist es nun nicht vernünftig, anzunehmen, daß bei Anwendung größerer Instrumente und stärkerer Vergrößerungen bei guter Luft ähnliche, aber feinere Details sichtbar werden, völlig so real als jene zwei, und daß ein sorgfältiges Studium des Planeten deren Anzahl vergrößern wird? In diesem Falle wird die Illusionshypothese sichtlich nur auf wenige unter der großen Anzahl von Objekten Anwendung finden. Die von Antoniadi vertretene Kontrasthypothese mag für gewisse feine Details der Marsscheibe zulässig sein, aber wenn sie bis ins Extrem ausgedehnt wird, erscheint sie als gefährliches Argument. Sie führt dann dazu, flüchtigen Skizzen des Mars dieselbe Bedeutung beizumessen als sorgfältigen Zeichnungen, die auf ausgedehnten Studien des Planeten beruhen, gemäß der Folgerung, daß letztere das Auge anstrengen und optische Täuschungen erzeugen. Bis jetzt haben indessen alle erfahrenen Planetenbeobachter auf langes und andauerndes Studium des Aussehens derselben den höchsten Nachdruck gelegt, und schwerlich wird man zugeben können, daß infolge dieser sorgfältigen Untersuchungen das Auge mehr zur Illusion neige. Wendet man die Kontrasthypothese auf das Detail der Jupiterscheibe an, so müßte man schließen, daß auch dort die dunklen und hellen Streifen und Fleckchen in den großen Streifen Täuschungen seien, was doch kein Beobachter zugeben würde, um so weniger, als manche dieser Details auch auf photographischen Aufnahmen sich zeigen. Was aber beim Jupiter recht ist, sollte für den Mars billig sein.

Eine spektrographische Untersuchung der Marsatmosphäre hat auf dem Lowellobservatorium V. M. Slipher ausgeführt nach einer von P. Lowell angegebenen Methode.[1]) Dieselbe bestand darin, die Wasserdampflinien im Spektrum der Erdatmosphäre mit den Linien an den nämlichen Stellen des Marsspektrums zu vergleichen. Wenn diese Linien im letztern dem Wasserdampfe der Marsatmosphäre angehören, müssen sie infolge der Umlaufsbewegung des Mars und seiner Rotation gegen die irdischen Linien etwas verschoben sein, besonders kurz vor der Opposition des Planeten. Ob diese Verschiebung freilich in den spektralphotographischen Aufnahmen erkennbar sein werde, muß sich erst aus den Versuchen ergeben. Solche sind von Slipher während der Marsopposition von 1902 bis 1903 ohne Erfolg, dann mit besser geeigneten Platten in den Monaten Januar, Februar und März 1905 angestellt worden.

[1]) Lowell Observatory Bulletin Nr. 17.

Das Maximum der relativen Bewegung des Mars gegen die Erde betrug im letzten Falle 18.7 *km* pro Sekunde und diesem entspricht auf den Platten eine Verschiebung der Linien von nur 0.0075 *mm*. Es wurden vier Spektrogramme des Mars erhalten und auf jede Platte zum Vergleiche auch das Spektrum des in gleicher Höhe am Himmel stehenden Mondes aufgenommen. Von den erhaltenen Platten waren zwei gut, und ihre Prüfung unter dem Mikroskop ergab keine Linie im Mars- und im Mondspektrum, welche mit Sicherheit dem Wasserdampfe zugeschrieben werden könnte, doch waren schwache Spuren von Linien an der Stelle, welche im Spektrum der Erdatmosphäre von dem sogenannten „Regenbande" eingenommen wird, in beiden Spektren zu sehen. Die relative Verschiebung der Linien der beiden Spektren war auch höchst unbedeutend, es schien auch, als wenn die Vorderseite des dem Sauerstoffe angehörigen Bandes A mit den planetarischen Spektrallinien verschoben sei. Dies ließe vermuten, daß dasselbe teilweise der Marsatmosphäre angehöre, aber es zeigte keine Verstärkung und Verbreiterung, die dementsprechend zu erwarten wäre. Ähnliche Aufnahmen wurden vom Spektrum der Venus gemacht und das Sonnenspektrum zum Vergleiche herbeigezogen; auch hier blieben die Ergebnisse unsicher. Später wurden noch zwei gute Spektrogramme des Mars erhalten, aber die genaue Untersuchung derselben durch Lowell und Slipher ergab keinerlei Abweichung derselben vom Mondspektrum in bezug auf die dunklen Linien. Doch ist das kontinuierliche Spektrum des Mars im orangeroten Teile intensiver als die betreffende Partie des Mondspektrums, während in der Nähe der Linie E das Umgekehrte stattfindet. Die Ergebnisse dieser Aufnahmen sind daher im allgemeinen negativ, und man kann nach P. Lowell nur schließen, daß Wasserdampf auf der beleuchteten Seite der Venus nicht, und in der Marsatmosphäre nur äußerst spärlich vorhanden ist.

Der kleine Planet Eunomia (15) zeigt nach den Beobachtungen auf der Harvardsternwarte[1]) regelmäßige Lichtschwankungen, deren Periode 0.1267 Tag beträgt, doch ist es möglich, daß die Periode auch doppelt solang ist, und die Intervalle zwischen den aufeinanderfolgenden Minimis abwechselnd länger und kürzer sind. Prof. Pickering bemerkt, es sei schwer, hierfür eine theoretische Ursache anzugeben. Merkwürdig ist, daß die Periode des Lichtwechsels bei dem Planetoiden Iris ein ähnliches Verhalten zeigt und entweder 0.1295 Tag oder doppelt solang ist.

Fleckenbeobachtungen des Jupiter auf der Sternwarte zu Königsberg sind von Prof. Hermann Struve am 13-zölligen Refraktor der Königsberger Sternwarte ausgeführt worden.[2]) Diese Arbeit ist um

[1]) Harv. Coll. Obs. Circular Nr. 94.

[2]) Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akad. der Wissensch. vom Jahre 1904.

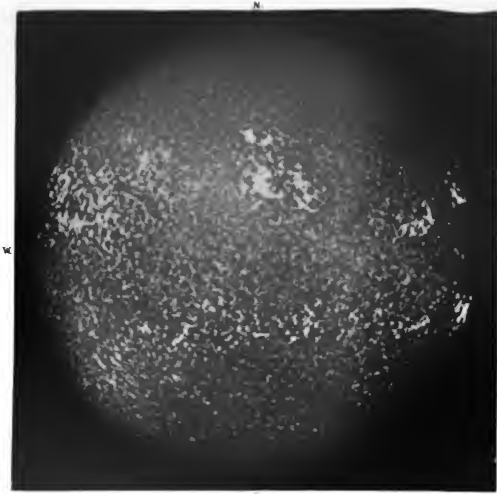
so wichtiger, als die Ortsbestimmungen der Flecke durch Mikrometermessungen und eine genaue mathematische Behandlung derselben, festgestellt wurden, Umstände, die sich bei den meisten andern Untersuchungen dieser Art nicht finden. „Mit nur wenigen Ausnahmen," sagt Prof. Struve, „bestehen die bisherigen Fleckenbeobachtungen am Jupiter in Schätzungen der Konjunktionszeiten der Flecke bezüglich der Mitte der Scheibe. Von geübten Beobachtern angestellt, besitzen solche Beobachtungen eine nicht unerhebliche Genauigkeit und haben in den letzten Jahrzehnten zu interessanten Aufschlüssen über die Bewegungsverhältnisse auf dem Planeten geführt. Gleichwohl wird es keinem Zweifel unterliegen, daß Mikrometermessungen noch eine erheblich größere Genauigkeit in den Ortsbestimmungen der Flecke erreichen lassen und sich ganz besonders zur Untersuchung der Bewegung der kleinen Flecke und gut definierten Lichtpunkte, die stets in größerer Zahl auf dem Planeten vorhanden sind, eignen. Aber auch bei den weniger deutlichen, schwachen Objekten, zu denen gegenwärtig auch der rote Fleck gehört, bei Flecken mit unsymmetrischer Form oder bei Grenzlinien ist es immerhin ein Vorzug der Mikrometermessungen, daß sie nicht in solchem Grade wie die Schätzungen von persönlichen Auffassungsfehlern abhängig sind. Überdies lassen sich Messungen jederzeit ausführen, sobald die Flecke dem Rande des Planeten nicht zu nahe gerückt sind, dabei häufiger wiederholen. Bei den vorliegenden Messungen am 13-zölligen Refraktor, die zum Teile unter wenig günstigen Umständen, bei niedrigem Stande des Planeten und mit schwacher Vergrößerung erhalten sind, hat sich bei den gut definierten Objekten schon eine recht befriedigende Genauigkeit erreichen lassen. Unter günstigern Bedingungen und mit größern Fernrohren wird man aber zweifelsohne die Genauigkeit der Ortsbestimmungen noch ganz wesentlich steigern können und damit eine zuverlässigere Grundlage für die Erkenntnis der Bewegungen auf dem Planeten, der sie bedingenden Ursachen, sowie für die Ableitung der Rotationszeit gewinnen."

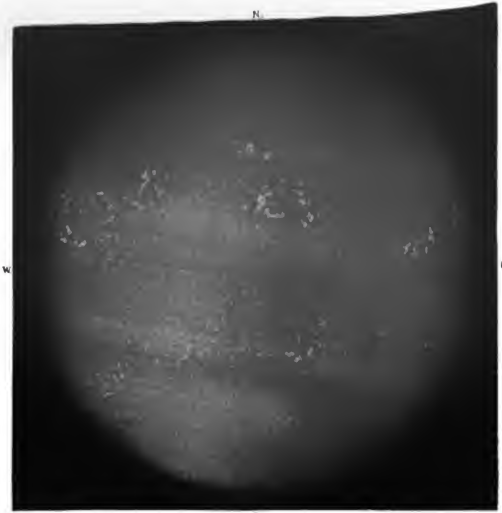
Die Beobachtungen geschahen während der Opposition des Jupiter im Jahre 1903, während der Monate September bis Dezember; in einem Nachtrage behandelt Prof. Hermann Struve auch die von ihm im August und September 1904 angestellten Beobachtungen. Die Planetenscheibe war während der Opposition 1903 von vier dunkeln Streifen, die immer sichtbar waren, durchzogen. In zwei schematischen Abbildungen, welche übrigens nur zur Orientierung dienen sollen und keinen Anspruch auf genaue Wiedergabe einzelner Details machen, bezeichnet Prof. Struve, mit dem nördlichsten Streifen beginnend, diese mit II, III, IV, V. „Die beiden mittlern Äquatorstreifen III, IV erschienen am deutlichsten und dunkelsten in rotbrauner Färbung, die beiden äußern II, V waren grau und hatten ein matteres Aussehen. Der südliche Äquatorstreifen IV

war den Messungen zufolge 3″ bis 4″ breit, die andern drei waren schmäler, nur etwa 1″ bis 2″ breit. Am gleichförmigsten und schärfsten begrenzt erschien während des ganzen Zeitraumes der Beobachtungen von Mitte September bis Mitte Dezember der Streifen III, an dessen Rändern nur zuweilen geringe Einbuchtungen erkannt werden konnten, jedoch nie so deutlich, daß sie durch Messungen genau hätten festgelegt werden können. Auch der Streifen II blieb im ganzen unverändert und zeigte nur ausnahmsweise kleine Vorsprünge. Lichtpunkte oder helle Flecke, abgesehen von Schattierungen, wurden weder auf diesen Streifen, noch überhaupt auf der nördlichen Hemisphäre bemerkt. Etwas nördlich von III, in etwa 1″ Abstand, war eine fein punktierte dunkle Linie sichtbar und auf dieser mehrere schmale dunkle Flecke 1″ bis 1.5″ lang, von denen namentlich drei deutlicher hervortraten. Ferner war auf der nördlichen Hemisphäre unterhalb II in der Regel noch ein schmaler Streifen I sichtbar, der sich nicht über den ganzen Planeten erstreckte, sondern aus einzelnen ziemlich gut begrenzten Abteilungen bestand und einige dunklere und breitere Partien aufwies. Nördlicher als I wurde nur an einem Tage ein etwas verschwommener dunkler Fleck gesehen.

Mehr Detail zeigte die südliche Hemisphäre des Planeten. An der nördlichen Begrenzung des breiten Streifens IV war eine große Zahl dunkler Flecke, Einbuchtungen und Vorsprünge zu erkennen; die Flecke, meist länglich in der Richtung der Streifen, hoben sich durch besonders dunkle, zuweilen tiefschwarze Farbe deutlich von der Begrenzungslinie ab und waren mitunter auch durch eine feine Lichtlinie von der letztern getrennt. Die südliche Begrenzung von IV war dagegen, von der Partie des roten Fleckes abgesehen, ziemlich gleichförmig, hatte aber auf der einen Seite des Planeten eine ziemlich ausgebreitete Erhebung, welche den Zwischenraum zwischen IV und V merklich einengte. Dieser Erhebung genau entsprechend, erschien das Intervall zwischen IV und V, im übrigen zu den hellsten Partien des Planeten gehörend, von einem matten hellgrauen Schleier bedeckt, welcher die Streifen IV und V miteinander zu verbinden schien. Innerhalb des Streifens IV waren gewöhnlich hellere Rinnen oder Kanäle von unregelmäßigem Verlaufe bemerkbar, die in der Form und mit der Zeit vielfach wechselten. An einzelnen Tagen konnten auch helle runde Flecke oder Lichtpunkte, ungefähr von der Größe der Trabantenscheibchen, etwas länglich und weniger scharf innerhalb IV gesehen werden, von denen insbesondere zwei zu erwähnen wären, welche nach kurzer Sichtbarkeit Ende September verschwanden und erst nach $2\frac{1}{2}$ Monaten wieder deutlich hervortraten.

Auf dem südlichen Streifen V waren häufig kleine Erhebungen und Spitzen zu erkennen. Außerdem zeichnete sich dieser Streifen durch eine größere Zahl heller Lichtpunkte aus, die gleich über dem Streifen an dessen südlicher Begrenzung lagen und in den Streifen





Sonnenphotographie von H. Deslandres, aufgenommen am 23. Mai 1905.

Aussehen der Chromosphäre. Aussehen der umkehrenden Schicht.

einschnitten. Sie erinnerten im Aussehen an die hellen Scheibchen der Trabanten und waren bei guter Luft sehr deutlich zu sehen und bis nahe an die Grenzen der Scheiben zu verfolgen."

Der rote Fleck hat gegenwärtig ein sehr verblaßtes Aussehen. Ob seine Sichtbarkeit während der letzten Jahre zugenommen hat, wie von einzelnen Beobachtern behauptet wird, läßt Prof. Struve dahingestellt sein. „Die Umrisse desselben waren verhältnismäßig am deutlichsten auf der östlichen und nördlichen Seite zu erkennen, auf der westlichen und südlichen Seite schien ein leichter Schleier über das Ende ausgebreitet, auf der südlichen kam außerdem der obere Streifen V dem Rande des Fleckes sehr nahe. Sehr hell erschien die den roten Fleck umgebende Bai, welche ein Kreissegment aus dem Streifen IV ausschneidet. Am nachfolgenden Ende der Bai, an der südlichen Seite von IV war stets eine Spitze zu bemerken, welche mit am schärfsten einzustellen war. Auf dem westlichen Ende war die Bai ohne Spitze ziemlich gleichmäßig abgerundet. Sehr auffallend war ferner der Unterschied in der Farbe von IV auf der östlichen und westlichen Seite der Bai: die östliche Seite sehr dunkel, rotbraun; die westliche mattgrau. Die Grenze der dunkeln Partie zog sich von der östlichen Spitze längs der Bai bis zu deren Mitte und weiter in geringer Krümmung bis zur nördlichen Seite von IV hin, wo die Ausläufer derselben gelegentlich noch sehr dunkle Flecke zeigten.

Die Mikrometermessungen erstreckten sich nur auf solche Objekte, welche hinreichend deutlich erschienen, um scharfe Einstellungen mit dem Mikrometerfaden zu ermöglichen. Es waren dies:

1. die dunklen Flecke auf I, sowie die Grenzen der Abteilungen, aus denen I zusammengesetzt war;
2. die schmalen dunklen Flecke auf der punktierten Linie, nördlich vom Streifen III;
3. die dunklen Flecke und Einbuchtungen an der nördlichen Begrenzung von IV;
4. die Lichtpunkte innerhalb des Streifens IV;
5. die Grenzen des großen Schleiers zwischen den Streifen IV und V;
6. die Lichtpunkte und Erhebungen an der südlichen Begrenzung von V;
7. der rote Fleck und die Spitze auf IV am östlichen Ende der Bai."

Prof. Struve entwickelt in seiner Abhandlung nun zunächst die mathematischen Formeln, nach denen sich aus den Messungen der scheinbaren Positionen der Flecke auf der Planetenscheibe ihre wahren Längen und Breiten auf der Jupiteroberfläche berechnen lassen. Dadurch wird es weiter möglich, die zu verschiedenen Zeiten mehrfach beobachteten Flecke sicher zu identifizieren und ihre Bewegung für eine bestimmte Epoche abzuleiten. Als Umdrehungszeit

des Jupiter wurde 9h 55m 40.6s angenommen (nach Marth). Es wurden bei der speziellen Untersuchung zusammen sieben Gruppen von Flecken und Lichtpunkten in den einzelnen Streifen unterschieden, die Abhandlung enthält bezüglich derselben alle Einzelheiten der Messungen. Hier genügt es, die Ergebnisse dieser Beobachtungsreihe mitzuteilen, wie sie Prof. Struve zusammenstellt, nebst den von ihm gemachten Bemerkungen, wozu besonders die Beobachtungen des roten Fleckes Anlaß geben. Ein vollständiges Bild über die Bewegungen auf der Oberfläche des Planeten können natürlich Beobachtungen, die nur einen Zeitraum von wenigen Monaten umfassen, nicht geben.

„1. Die in derselben jovizentrischen Breite gelegenen, auch im Aussehen einander ähnlichen Flecke haben näherungsweise die gleiche Bewegung parallel dem Äquator gezeigt. Es gilt dies sowohl hinsichtlich der dunklen Flecke in der 1. und 2. Gruppe, wie auch hinsichtlich der Lichtpunkte in der 4 und 6. Gruppe. Man wird daher anzunehmen haben, daß die in derselben Breite gelegenen Flecke auch näherungsweise demselben Niveau angehörten und derselben in einer schmalen Zone um den Planeten sich herumziehenden Strömung folgten. Mit Ausnahme des Streifens I, dessen Flecke keine merkliche Verrückung gegen das System (II) erkennen ließen, zeigten alle übrigen Flecke rechtläufige, d. h. jovizentrisch östliche Bewegungen bezüglich des Systems (II).

2. Bemerkenswert ist die Übereinstimmung in der Bewegung der Lichtpunkte über V, des Schleiers zwischen IV und V und der Erhebung am Südrande von IV, sowie das Zusammenfallen des einen Lichtpunktes mit dem Ostende des Schleiers, was auf einen ursächlichen Zusammenhang dieser Erscheinungen hindeutet.

3. Auf dem breiten Streifen IV waren nahe beieinander sehr verschiedene Bewegungen vertreten: der dunkle Fleck am Nordrande mit der größten jovizentrisch östlichen Bewegung, die vier Lichtpunkte im Innern des Streifens mit einer gemeinsamen Bewegung, und endlich die Erhebung am Südrande von IV. Von Interesse ist ferner das Verschwinden der Lichtpunkte α, β und das Wiedererscheinen derselben nach einer Pause von zwei Monaten. Wie aus Wahrnehmungen anderer Beobachter hervorgeht, scheint die Hauptmasse des breiten Streifens an der großen rechtläufigen Bewegung des dunklen Fleckes am Nordrande von IV teilzunehmen, während die Lichtpunkte und die mit dem Schleier koinzidierende Erhebung in andern Niveaus liegen.

4. Der rote Fleck hatte während des Zeitraumes dieser Beobachtungen eine sehr geringe, wahrscheinlich rechtläufige Bewegung. Größere Schwankungen, die sich auf etwa 8° beliefen, zeigte die Spitze am Ende der Bai.

5. Der Durchmesser des Planeten folgt aus den Messungen der kleinen dunklen Flecke unter III in Übereinstimmung mit den Re-

sultaten aus Heliometermessungen um etwa 1″ kleiner, als im Mittel aus den Messungen an Refraktoren.

In den höhern Schichten über dem roten Flecke, denen wahrscheinlich die Streifen (Staubwolken vulkanischen Ursprunges?) angehören, scheint eine vorwiegend nach außen gerichtete Strömung zu bestehen, welche den obern rechtläufigen Äquatorialstrom in der breiten Bande IV nach Norden hin ablenkt, ihn zwingt, um den Fleck herumzugehen, und so den Fleck freilegt, während auf der andern Seite des Fleckes die vom Äquator nach Süd abfließende Strömung den Streifen IV wieder verbreitert. Diese Deutung findet eine Stütze in folgenden hier gemachten Wahrnehmungen:

1. der dunklern Färbung des Streifens IV auf der Ostseite der Bai, die sich von der Spitze am Ostende um die Bai herumzog und bis zum Nordrande von IV sich erstreckte,

2. den vielen dunklen Flecken und Einbuchtungen am Nordrande von IV, die auf dem Südrande fast ganz fehlten oder doch viel schwächer waren,

3. dem Aussehen der Spitze am Ostende, welche ein wenig nach oben gekrümmt erschien, und den Verschiebungen dieser Spitze, welche sich den Messungen zufolge als sehr beträchtlich herausgestellt haben.

Im großen und ganzen werden diese Wahrnehmungen auch durch Zeichnungen und Bemerkungen anderer Beobachter bestätigt: auf den meisten Zeichnungen finden sich die dunklen Flecke und Einbuchtungen am nördlichen Rande von IV, auf den meisten ist auch die Spitze auf der Ostseite bemerkt und bisweilen so auffällig nach oben gekrümmt, daß eine andere Deutung als die einer Gegenströmung vom roten Flecke her kaum möglich ist. Die Ursache dieser vorwiegend nach außen gerichteten Strömung über dem Flecke (repelling force) wird man, wie mir scheint, am ungezwungensten durch die Verschiedenheit in den atmosphärischen Verhältnissen (Temperatur, Druck und Dichtigkeit) über dem Flecke und den benachbarten Gebieten zu erklären haben, welche sicher vorhanden sein muß, wenn der rote Fleck einen festen Bestandteil auf der noch nicht erkalteten Oberfläche des Planeten bildet. Jedenfalls erscheint obige Erklärung der Bai wahrscheinlicher als die entgegenstehende Ansicht, daß der rote Fleck einem höhern Niveau der Atmosphäre angehören sollte als die Streifen. Dagegen sprechen vor allem seine Beständigkeit, aber auch die verhältnismäßig nur geringen langsamen Änderungen in seiner Bewegung."

Im August und September 1904 hatte sich das Aussehen des Planeten gegen die vorige Opposition etwas geändert. „Auf der nördlichen Hemisphäre war der Streifen II, der im vorigen Jahre sehr deutlich hervortrat, verschwunden oder höchstens eine Spur von demselben bei günstiger Luft zu vermuten. Weniger deutlich wie im vorigen Jahre war auch der aus einzelnen Abteilungen be-

stehende Streifen I. Ferner fehlte die punktierte Linie mit den kleinen dunklen Flecken nördlich von III; statt dessen war etwas südlich von III eine ähnliche sehr feine Linie angedeutet. Die Streifen III, IV, V hatten ungefähr dasselbe Aussehen behalten. Über V war noch ein südlicher gelegener Streifen VI erschienen, der während der vorigen Opposition nicht bemerkt worden war. Sehr deutlich zeigten sich wieder eine größere Zahl runder Lichtpunkte an der Südseite von V, ferner die Einbuchtungen und dunklen Flecke an der nördlichen Begrenzung von IV. Auch die Partie des roten Fleckes hatte nur geringe Änderungen erfahren. Der große Schleier zwischen IV und V war seit der letzten Opposition über den roten Fleck hinweggegangen; sein Westende war ebenso deutlich zu sehen wie im vorigen Jahre, während sein Ostende sich bis nahe an den roten Fleck erstreckte und dort im Schatten auf der Westseite der Bai verlor."

Die im vorherigen Jahre angedeutete Abnahme der Länge des roten Fleckes wurde durch die neuen Messungen bestätigt. Das Westende des Schleiers zwischen IV und V war auch dieses Mal scharf begrenzt, während das Ostende sich bis in die Nähe des roten Fleckes hinzog, und die Grenze dort nicht sicher festzustellen war. Die Bewegung scheint beim Vorübergange des Schleiers vor dem roten Flecke, im Laufe des letzten Sommers, keine merkliche Störung erfahren zu haben. Seit 1901 ist dieser selbe Schleier, wie Prof. Struve nachträglich bemerkt hat, auch von Denning u. a. wiederholt beobachtet worden. Ferner sprechen einige frühere Beobachtungen dafür, daß dieser Schleier schon längere Zeit existiert oder sich aus denselben Ursachen immer wieder erneuert. Ja, es hat sogar den Anschein, daß ein Objekt, welches Barnard während seiner Beobachtungsreihe in Nashville 1880 in der Nähe des roten Fleckes gesehen hat, mit diesem Schleier identisch ist. „Jedenfalls," sagt Prof. Struve, „verdient dies merkwürdige Gebilde wegen seiner Beständigkeit und wegen der Vorübergänge am roten Flecke auch in Zukunft besondere Beachtung."

Der rote Fleck auf dem Jupiter. A. Stanley-Williams hat in den Jahren 1903 und 1904 mit einem 6½-zölligen Spiegelteleskop und an 150-facher Vergrößerung Beobachtungen über den roten Fleck auf der Jupiterscheibe angestellt, indem er die Zeitpunkte festzustellen suchte, wann die Mitte des Fleckes dem Augenmaße nach mitten auf der Jupiterscheibe stand. Aus diesen Schätzungen leitete er eine Rotationsdauer von $9^h\ 55^m\ 41.52^s$ ab. Derselbe Beobachter bestimmte in frühern Jahren aus der Bewegung des nämlichen roten Fleckes die Rotationsdauer wie folgt:

1899:	$9^h\ 55^m\ 42.65^s$
1900:	42.30
1901:	40.92
1902:	39.66

Der rote Fleck war im letzten Jahre etwas besser sichtbar als früher, und seine Umrisse konnten deutlich erkannt werden. Stanley-Williams folgert aus seinen Beobachtungen, daß die Rotationsdauer seit 1902 sich vergrößert habe. W. F. Denning hat den roten Fleck ebenfalls beobachtet und findet für die Mitte des Jahres 1904 eine Rotationsdauer von $9^h\ 55^m\ 38.6^s$, welche kürzer ist als irgend ein anderer Wert derselben, den Denning seit 1884 beobachtet hat. Dies ist also entgegen den Ergebnissen von Stanley-Williams. Auch meint Denning, daß der Fleck gegenwärtig sehr schwach, also sehr schwer zu sehen sei.[1])

Die Rotation der vier hellen Jupitertrabanten. Im Anschluß an frühere Mitteilungen veröffentlichte P. Guthnick,[2]) nach Abschluß seiner Beobachtungen die vorläufigen Resultate aller seiner in dem Zeitraume 1904 Dezember 18 bis 1905 März 24 erhaltenen brauchbaren Helligkeitsbestimmungen der vier ältern Jupitermonde, an einem Zöllnerschen Photometer. „Das Hauptergebnis der Untersuchung," sagt er, „ist die Feststellung eines gesetzmäßigen Lichtwechsels bei allen vier Trabanten während des genannten Zeitraumes; die Perioden der Helligkeitsänderungen fallen mit den Umlaufszeiten zusammen, somit ist die Gleichheit von Rotations- und Umlaufszeit bei den vier ältern Jupitertrabanten sehr wahrscheinlich. Ausgeschlossen habe ich von meinen Beobachtungen nur einige Schätzungen des Trabanten IV bei den Anomalien 359° bis 2° wegen allzu großer Jupiternähe, sowie einige Messungen, die durch Wolken verdorben wurden, endlich eine Anzahl Schätzungen von 1904 Dezember 22 bis 1905 Jan. 2, welche in Bonn an einem 2½-zöll. Fernrohre mit 55-facher Vergrößerung erhalten worden waren."

Von frühern Helligkeitsbestimmungen der Jupitertrabanten seitens anderer Beobachter hat Guthnick diejenigen von Auwers (1858 bis 1860), Engelmann (1870) und Pickering (1877 bis 1878) berücksichtigt. Sie stimmen im allgemeinen gut mit den seinigen überein. Auf einen Punkt weist er besonders hin: „Vergleicht man," sagt er, „die Lichtkurven der drei ersten Trabanten untereinander und mit der des vierten, so erkennt man die große Charakterähnlichkeit der drei erstern und den offenbar abweichenden Typus der letztern. Da ein ähnliches Verhältnis bezüglich der Färbung und, wie gleich gezeigt werden wird, bezüglich der Albedo (der lichtreflektierenden Kraft) der Trabanten besteht, so liegt der Gedanke nahe, in der Verschiedenheit des Charakters der Lichtkurven den Ausdruck der Verschiedenheit der physikalischen Verhältnisse auf den Oberflächen dieser Himmelskörper zu suchen. Weitere Schlüsse können aber hier mangels aller analogen Fälle nicht ohne Hilfe spektralana-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3983.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4023.

lytischer Untersuchungen der Trabanten gezogen werden, welche bisher noch auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen.

„Man kann ferner die Lichtkurven dazu benutzen, die ungefähre Helligkeit der Trabanten während ihrer Vorübergänge vor der Jupiterscheibe zu ermitteln und daraus das Verhältnis von Trabantenalbedo und Jupiteralbedo für diesen Moment zu berechnen, was für die Erklärung der Phänomene der hellen und dunkeln Vorübergänge von Bedeutung ist. Man erhält für die Stellungen der Trabanten bei den Vorübergängen in runden Zahlen folgende Helligkeiten der Monde in Sterngrößen: I $= 5.7^m$, II $= 5.8^m$, III $= 5.4^m$, IV $= 6.4^m$. Nimmt man für Jupiter die Halbmesser 99.8″ und 92.6″ (Entfernung = 1), für die Trabanten nach Barnard folgende für die Entfernung 5.20 geltenden Durchmesser an: I 1.048″, II 0.874″, III 1.512″, IV 1.430″, für die mittlere Oppositionshelligkeit des Jupiter nach Müller -2.23^m, so erhält man folgende für die Vorübergänge geltende relative Albedowerte, wenn die mittlere Albedo des Jupiter gleich 1 gesetzt wird:

Trabant I = 0.84, II = 1.17, III = 0.53, IV = 0.23.

Die Albedo des Trabanten II ist demnach während des Vorüberganges merklich größer als die mittlere Albedo Jupiters, was im Einklange mit der Tatsache steht, daß dieser Trabant stets helle Vorübergänge hat.“ Die mittlern Helligkeiten der Trabanten hat Guthnick aus den Kurven abgeleitet und erhielt:

Trabant I $= 5.59^m$, II $= 5.66^m$, III $= 5.07^m$, IV $= 6.27^m$.

Diesen Helligkeiten entsprechen die relativen Albedowerte (Jupiteralbedo = 1):

Trabant I = 0.93, II = 1.33, III = 0.72, IV = 0.27.

Endlich sind noch die Maximalwerte der Albedo von Interesse. Die Kurven geben folgende Helligkeitsmaxima:

Trabant I $= 5.18^m$, II $= 5.16^m$, III $= 4.74^m$, IV $= 6.10^m$.

Diesen entsprechen die relativen Albedowerte:

Trabant I = 1.35, II = 2.11, III = 0.97, IV = 0.31.

Es geht aus diesen Werten, sagt Guthnick, hervor, vor allen aus dem letzten von II, daß die angenommene Albedo des Jupiter bedeutend zu groß sein muß, wenn man nicht für die Trabanten I und II die unwahrscheinliche Annahme eigener Lichtentwicklung machen will.

Der 6. und 7. Trabant des Jupiter. In Nr. 78 der Bulletins des Lickobservatoriums geben C. D. Perrine und Frank E. Ross genauere Mitteilungen über die Entdeckung und Beobachtung des 6. und 7. Jupitermondes. Folgendes ist der Hauptinhalt dieser Darlegungen.

Nach Aufstellung des Crossleyreflektors war die sorgfältige

Nachforschung nach schwachen und entfernten Satelliten der Hauptplaneten in den Arbeitsplan für das Instrument aufgenommen worden. Es waren bereits einige Aufnahmen mit der alten Montierung desselben gemacht worden, allein die Ausführung der neuen Montierung unterbrach die Arbeit, bis dieselbe unter wesentlich bessern Umständen in der ersten Hälfte des November 1904 wieder aufgenommen werden konnte.

Die erste photographische Aufnahme der Umgebung des Jupiter geschah am 3. Dezember, und folgende wurden erhalten am 8., 9. und 10. Dezember 1904. Eine Untersuchung dieser Negative enthüllte ein Objekt 15. Größe westlich vom Jupiter, dessen retrograde Bewegung etwas rascher war als die des Planeten selbst. Da ein sehr entfernter kleiner Planet eine ebensolche Bewegung haben konnte, so waren weitere Aufnahmen erforderlich, um den wahren Charakter des Objektes festzustellen. Diese Aufnahmen erfolgten am 2., 3. und 4. Januar 1905, und sie zeigten, daß das Objekt den Jupiter überholt hatte. Am 5. Januar wurde klar, daß dasselbe in der Tat zum Jupitersystem gehörte, und die Entdeckung eines 6. Jupitermondes telegraphisch veröffentlicht.

Weitere Untersuchungen der Platten des 2., 3. und 4. Januar 1905 ließen aber ein noch weit lichtschwächeres Sternchen westlich vom Jupiter erkennen, welches sich ostwärts bewegte und etwas rascher als der 6. Mond desselben. Wegen der großen Lichtschwäche (etwa 16. photograph. Größenklasse) desselben konnten keine Aufnahmen in Mondscheinnächten gemacht werden, und es verging deshalb eine geraume Zeit, bis genügende Aufnahmen vorhanden waren, um über die Natur dieses neuen Objektes keinen Zweifel zu lassen. Der Charakter desselben war außerdem schwieriger festzustellen, als beim 6. Monde, weil der neue Trabant sich in einem für diese Entscheidung ungünstigen Teile seiner Bahn befand. Die Aufnahmen bis zum 21. Februar ließen aber die Abhängigkeit desselben vom Jupiter erkennen, und am 27. Februar wurde die Entdeckung eines 7. Jupitermondes der Welt telegraphisch verkündet. Im ganzen wurden von 1904 Dezember 3 bis März 22 vom 6. Jupitermonde 58 Positionen bestimmt, vom 7. Monde zwischen 1905 Jan. 2 und März 9 24 Positionen. Um aus diesen die Bahnelemente der beiden Monde abzuleiten, wurde zunächst ein graphisches Verfahren eingeschlagen und die einzelnen Positionen mit diesen Bahnen verglichen. Dann wurden auf rechnerischem Wege die wahrscheinlichsten Bahnelemente hieraus abgeleitet. C. D. Perrine, der mit dieser Arbeit beschäftigt war, mußte sie indessen wegen der Vorbereitungen zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis des 30. August aufgeben; sie wurde nun von Dr. Ross zu Washington unter Oberleitung von Prof. Newcomb fortgeführt und vollendet. Hierdurch ist die Trabantennatur der beiden Objekte und ihre Zugehörigkeit zum Systeme des Jupiter über jeden Zweifel erhoben.

Dr. Ross bemerkt bezüglich des 6. Trabanten, daß die von ihm berechneten Bahnelemente jedenfalls der Wahrheit recht nahe kommen, nur die Umlaufszeit sei wegen des kurzen Zeitintervalles, über das die Beobachtungen sich erstrecken, etwas unsicher. Hiernach hat man folgende auf die Ekliptik bezogenen Bahnelemente des 6. Jupitermondes (für das Äquinoktium 1905.0):

Mittlere Länge in der Bahn	288.71°
Länge des Perijoviums	256.95°
Länge des Knotens auf der Ekliptik	179.35°
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	28° 56′
„ „ „ „ die Jupiterbahn	28° 44′
Mittlere Entfernung vom Jupiter	2970″
Exzentrizität der Bahn	0.1564
Umlaufszeit	242.4 Tage.

Die Störungen, welchen dieser Trabant in seiner Bewegung durch den Einfluß der Sonne ausgesetzt ist, sind beträchtlicher und komplizierter als diejenigen irgend eines andern Mondes im Sonnensysteme. Um eine genaue Theorie der Bewegung desselben herzustellen, müssen mindestens 50 Ungleichheiten in der Länge, noch weit mehr in der Entfernung vom Jupiter und etwa 20 in der Breite berechnet werden. Höchstens etwa der 9. Mond des Saturn (Phöbe) hat eine ähnliche verwickelte Bewegung, so daß diese beiden Monde in dieser Beziehung eine eigene Klasse bilden. Beim 6. Jupitermonde beträgt die jährliche rückläufige Bewegung der Knoten auf der Ebene der Jupiterbahn 1.16°, auf der Ebene des Erdäquators 4.75°, die jährliche fortschreitende Bewegung des Perijoviums 1.25°.

Der 7. Jupitermond bot bezüglich seiner Bahnbestimmung große Schwierigkeiten. Unter vorläufiger Zugrundelegung einer Kreisbahn konnten die Beobachtungen weder durch Annahme direkter noch retrograder Bewegung rechnerisch dargestellt werden. Die Rechnung unter Zugrundelegung einer elliptischen Bahn ließ auch noch Abweichungen von den Beobachtungen erkennen, doch waren dieselben bei Annahme retrograder Bewegung des Satelliten geringer. Unter möglichstem Anschlusse an die Beobachtungen gibt Perrine (für die Epoche 1905 Januar 28.5 m. Zt. v. Gr.) die folgenden Systeme von Bahnelementen, das eine für retrograde, das andere für direkte Bewegung des Trabanten.

	retrograde Bewegung	direkte Bewegung
Länge des Satelliten in der Bahn	290°	11° 6′
Länge des Knotens auf dem Äquator	328° 0′	275° 47′
Neigung der Bahnebene gegen den Äquator	171° 12′	26° 15′
Exzentriziät der Bahn	0.36	0.34
Mittlere Distanz vom Jupiter	2618″	2618″
Länge des Perijoviums	59° 36′	182° 6′
Länge des Knotens auf der Ekliptik	351° 0′	312° 7′
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	148° 15′	36° 26′
Umlaufszeit	200 Tage	200 Tage.

Wie bemerkt, stellen die Bahnelemente für direkte Bewegung die Beobachtungen nicht so gut dar als diejenigen für retrograde. Eine Entscheidung muß die Zukunft geben.

Die Unebenheiten der Saturnringe. Das Ringsystem, welches den Planeten Saturn freischwebend umgibt, bietet im allgemeinen das Aussehen einer dünnen ebenen Fläche, die durch eine schwarze Trennungslinie (die sogenannte Cassinische Spalte) in einen äußern und innern Ring zerfällt. Auf dem erstern erblickt man an großen Fernrohren zuzeiten noch eine zweite Trennung (die Enckesche Teilung, neuerdings von den Amerikanern mit Vorliebe als „Bleistiftlinie" bezeichnet), sowie am innern Ringe in der Richtung gegen den Saturn hin eine dunkle, violette Fortsetzung, der man den Namen Crapring gegeben hat. Wenn der helle Doppelring der Erde seine schmale Seite zuwendet, und er infolgedessen als schmale Lichtlinie erscheint, zeigen sich auf dieser letztern helle Punkte oder Knoten, die zuerst W. Herschel wahrgenommen hat, und aus deren Bewegung er auf eine Rotation des Ringsystems in $10^h\ 32^m\ 13^s$ schloß. Diese Bestimmung konnte seitdem selbst bei Anwendung mächtiger Ferngläser nicht wiederholt werden, dagegen ergab es sich als unzweifelhaft, daß die einzelnen Ringe nicht genau in einer und derselben Ebene liegen, sondern kleine Neigungen gegeneinander zeigen oder auch lokale Verbiegungen. Dies kann man unmittelbar wahrnehmen, wenn die mittlere Ebene des Ringsystems beinahe in der Gesichtslinie zur Erde liegt, mittelbar aber, wenn der Ring möglichst weit geöffnet ist. In diesem Falle sieht man den Schatten der Saturnkugel auf der Ebene des Ringsystems nicht, wie er perspektivisch sein müßte, so nämlich, daß die Begrenzungslinie des Schattens ihre hohle Seite gegen den Saturn wendet, sondern sie zeigt sich konvex in dieser Richtung, ja ganz unregelmäßig. Der erste, der dies bemerkte, scheint Prof. Kayser in Leiden gewesen zu sein (1850), in spätern Jahren ist die Erscheinung von Dawes, Secchi und Hall wahrgenommen worden. Im Jahre 1884 sah man diesen Schatten an der Cassinischen Trennung wie abgeschnitten, am merkwürdigsten aber erscheint der Schatten auf der Abbildung, welche Trouvelot am großen Refraktor zu Washington 1874, Dezember 30 von demselben gab, und die sich im Sirius 1877 auf Tafel 12 reproduziert findet. Schon der bloße Anblick dieser Abbildung lehrt, daß die Ringebene nicht plan, sondern sehr merklich und unregelmäßig verbogen sein muß. Eingehende Untersuchungen über die Schattengestalten der Saturnkugel auf den Ringen hat Dr A. Wonaszek 1901 angestellt, worüber auch im Sirius,[1]) ausführlich unter Beifügung von Abbildungen des Saturn berichtet worden ist. Unlängst hat nun Dr. P. Guthnick, Astronom der Sternwarte des

[1]) Jahrgang 1902. p. 55.

Herrn von Bülow zu Bothkamp, eine neue Untersuchung über den Gegenstand veröffentlicht.[1])

„Die direkte Veranlassung zu der Untersuchung dieses Gegenstandes," sagt Dr. Guthnick, „war die im Oktober 1904 am hiesigen 11-zölligen Refraktor zufällig gemachte Beobachtung der Konvexität des Schattens. Für die Auffälligkeit derselben zu jener Zeit spricht, daß ich sie bei einer nur gelegentlichen Beobachtung des Planeten bemerkte, obwohl ich weder besonders auf den Schatten mein Augenmerk gerichtet hatte, noch Kenntnis von den frühern Wahrnehmungen an demselben besaß. Da mir das Phänomen der Aufklärung wert erschien, so untersuchte ich zunächst die Bedingungen, unter welchen es zustande kommen könne, seine Realität vorausgesetzt. Es schien mir nur eine Möglichkeit zu bleiben, der auch schon Secchi den Vorzug gegeben hatte, nämlich daß die Oberfläche des Ringes, wenn man ihn als zusammenhängendes Ganzes betrachtet, nicht eine ebene Fläche sei, oder, genauer ausgedrückt, daß die Bahnen der das Ringsystem bildenden Körper wenigstens zeitweise nicht alle in nahe derselben Ebene liegen. Bezüglich der Realität des Phänomens kann man von der visuellen Beobachtung kaum eine definitive Entscheidung erwarten, wenn man sich auf einen so vorsichtigen Standpunkt stellt wie Hall (der meint, daß die Wahrnehmungen auf einer Täuschung beruhten, die durch eine gewisse Stumpfheit der Schattenränder hervorgerufen werde); und die Erfahrung gibt ihm recht. Vielleicht ist aber die Photographie entweder schon gegenwärtig oder in nicht zu ferner Zukunft imstande, die Frage endgültig zu entscheiden. Diese Zeilen werden vielleicht dazu beitragen, eine genauere Verfolgung der Erscheinung von dieser Seite während der nächsten Opposition des Planeten anzuregen".

Unter der Annahme, daß die beobachtete Konvexität des Schattens reell ist, geht Dr. Guthnick dazu über, die Konsequenzen, die sich hieraus ergeben, einer mathematischen Prüfung zu unterziehen. Unter „Ringebene" versteht er die Äquatorebene des Saturn, die mit der Besselschen oder Struveschen Ringebene zusammenfällt.

Er zeigt, wie man die Abweichung der wirklichen Ringfläche von der vorausgesetzten Ringebene berechnen kann, und führt diese Rechnung für seine Beobachtungen im November 1904 durch. Es ergibt sich, daß die Erhöhung der nördlichen Seite der untern Ringebene an der Stelle, welche der östliche Rand des Planetenschattens zur Zeit der Beobachtungen traf, rund 3000 *km* betragen hat. Die beobachtete Form des Schattens deutet an, daß diese Erhöhung ungefähr in der Mitte des hellen Ringes am größten, an den Rändern dagegen gering war. Um die Beurteilung des Gegen-

[1]) Über die Konvexität des Schattens des Planeten Saturn auf seinem Ringe im Oktober und November 1904. Kiel 1905.

standes zu erleichtern, teilt er seine allerdings wenig zahlreichen Beobachtungen mit.

Zuletzt fügt Dr. Guthnick noch einige Bemerkungen über das sonstige Aussehen des Saturn im 11-zölligen Bothkamper Refraktor bei. „Auffallend", sagt er, „erschien das matte, graue Aussehen der Cassinischen Trennung selbst dort auf den Henkeln, wo sie in voller Breite erscheinen muß. Ferner war besonders November 15 die Flächenhelligkeit des Ringes gegenüber der des Planeten beträchtlich gering, so daß der Ring sich als fast graue Zone von der Scheibe abhob; dies steht vollkommen im Einklange mit Seeligers Theorie. Die graue Nordpolarkalotte des Planeten sowie die Abnahme der Helligkeit nach dem Rande zu waren überraschend deutlich; die beiden gegenwärtig vorhandenen Äquatorialstreifen hoben sich bestimmt von der Umgebung ab und waren durch eine hellere Zone deutlich getrennt. Außer der Cassinischen Trennung konnte keine weitere von mir wahrgenommen werden. Ring C, der dunkle oder Crapring, war als schmaler dunkler Streifen auch vor der Scheibe sichtbar; an den beiden innern Rändern der Henkel zeigte er sich zuweilen sehr deutlich. Dort, wo er an diesen Stellen in den Ring B, den innern hellen Ring, übergeht, wurde in letzterm eine eigentümliche Dunkelheit wahrgenommen. Beim Durchsehen von Abbildungen des Planeten finde ich diese Schattierung des Ringes B auch auf einer Zeichnung Barnards vom 2. Juli 1894 (Lickrefraktor), jedoch dort in größerer Ausdehnung und um den ganzen Ring herum. Nach Schluß der Untersuchung wurde der Planet noch einmal am 13. Dezember gesehen und gegen früher unverändert gefunden. Der Schatten auf dem Ringe war noch entschieden konvex."

„Es scheint", sagt schließlich Dr. Guthnick, „daß zwar die Hauptmasse der Ringkomponenten ihre Bahnen in einer Ebene beschreiben, die mit der mathematischen Ringebene zusammenfällt, daß aber daneben beständig oder zeitweise eine beträchtliche Anzahl der Körperchen sich weit außerhalb dieser Ebene befindet. Eine direkte Bestätigung dieser Ansicht könnte man in der Wahrnehmung Bonds vom November 1848 erblicken, der zur Zeit des Durchganges der Erde durch die Ebene des Ringes diesen als feinen Strich, beiderseits umgeben von einem relativ breiten diffusen Saume, sah. Ferner würde sich nach H. Struves Ansicht hierdurch auch der Umstand ungezwungen erklären, daß der Ring beim Durchgange der Erde durch seine Ebene zuzeiten selbst für die größten Instrumente verschwand, zu andern Zeiten dagegen für mittlere sichtbar blieb. (Struve hält die Konvexität des Schattens für reell und erklärt sie durch gelegentliche Konstellationen der Ringkörperchen, wie oben auch von mir angenommen wurde.) Weitere Folgerungen zu ziehen, ist vorläufig wohl zu gewagt."

Untersuchungen über die Bahn des 9. Saturnmondes Phöbe hat Dr. Frank E. Roß angestellt[1]) und gleichzeitig die Theorie der Bewegung dieses Trabanten mit Rücksicht auf die Störungen durch die Sonne und die Einwirkung des Saturnringes und die Abplattung des Saturn entwickelt. Die Bahnelemente, welche Dr. Ross als die wahrscheinlichsten ermittelte, sind folgende:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 343.15^\circ \pm 0.37^\circ \\ \pi_0 &= 291.03^\circ \pm 0.60^\circ \\ \Omega_0 &= 222.60^\circ \pm 1.12^\circ \\ i_0 &= 174.46^\circ \pm 0.12^\circ \end{aligned}\right\} \text{Januar 1900.00}$$

$$\begin{aligned} \text{(tropisch)}\quad \mu &= 0.65398^\circ \pm 0.00029^\circ, \\ \log a &= 8.93747^\circ \pm 0.00013^\circ, \\ e &= 0.1659^\circ \pm 0.0032^\circ, \end{aligned}$$

siderische Umlaufszeit: 550.44 Tage. Bewegung rückläufig. Angenommene Masse des Saturn 1 : 3498, Länge des aufsteigenden Knotens in der Saturnbahn $\Omega_1 = 196.16^\circ$, Neigung der Bahn gegen die Ebene der Saturnbahn $i_1 = 174.75^\circ$.

Als Folge der störenden Wirkung der Sonne ergibt die Theorie für die Dauer eines julianischen Jahres folgende Werte:

Tropische Bewegung von $\pi = -0.2680^\circ$,
„ „ von $\Omega = +0.4347^\circ$,
„ „ von $i = -0.020^\circ$.

Der 10. Satellit des Saturn, Themis. Prof. William Pickering verbreitete sich über diesen auf Grund seiner Untersuchungen.[2]) Als die 1904 mit dem Bruceteleskop aufgenommenen Photographien des Saturn nach Cambridge gelangten und dort untersucht wurden, zeigte sich, daß die Bilder von Phöbe auf mehrern Platten deutlicher und bestimmter erschienen, als auf irgend einer der frühern. Es erschien daher eine genaue Untersuchung mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Vorhandenseins noch lichtschwächerer Satelliten geboten. Eine vorläufige Prüfung der Aufnahmen vom September zeigte auf einigen bessern Platten mehrere verdächtige Objekte nahe beim Saturn, die keine Sterne waren. Bei den Aufnahmen nach dem 5. Aug. wurden schmale Schirme verwendet, um das Licht des Saturn zu vermeiden. Indessen konnten erst gegen Ende März 1905 die Forschungen nach dem vermuteten 10. Saturnmonde aufgenommen werden. Dieselben waren sehr schwierig, nicht nur weil der vermutete Mond offenbar weit lichtschwächer als Phöbe sein mußte, sondern auch weil in der unmittelbaren Nähe des Saturn auf den

[1]) Annals of Harvard Coll. Obs. **53**. Nr. 7 905.
[2]) Annals of Harvard Coll. Obs. **53**. Nr. 9 1905.

Platten oftmals falsche Eindrücke sich finden, die in weitem Abstande nicht entstehen; dann schien es auch bisweilen, als wenn mindestens zwei neue Objekte vorhanden seien, zwischen denen und den zufälligen Plattendefekten schwer zu unterscheiden war. Erst am 28. April 1905 kam Prof. William Pickering zu der Überzeugung, daß ein 10. Satellit des Saturn auf der Platte nachgewiesen werden könne, und zeigte diese Entdeckung telegraphisch an. Als Benennung des Satelliten wurde der Name Themis (eine der Schwestern des Saturn gemäß der Mythologie) gewählt.

Was den Trabanten Phöbe anbelangt, so zeigt er sich auf den verschiedenen Platten sehr ungleich in Deutlichkeit und Schärfe, und dies führte zu der Vermutung, daß derselbe (ähnlich wie Japetus) in einem Teile seiner Bahn dunkel und in einem andern hell erschien. Der Helligkeitsunterschied erreicht 1.5 Größenklasse (während der des Japetus nach Prof. Wendell 1.7 Größenklasse beträgt). Als Phöbe am 8. August 1905 am Yerkesrefraktor gesehen wurde, befand sie sich gerade im Maximum ihrer Helligkeit und war nur eben sichtbar; es ist wahrscheinlich, daß sie in andern Zeiten nur photographisch wahrgenommen werden kann. In mittlerer Helligkeit ist Phöbe wahrscheinlich von 17.2 Größe. Themis ist aber schwächer, 17.5 Größe, und zeigt keine Veränderlichkeit. Sie ist also für das menschliche Auge direkt unsichtbar, solange nicht weit stärkere Fernrohre als der Yerkesrefraktor hergestellt sind. Über die wirkliche Größe von Themis kann nur unter der Voraussetzung geurteilt werden, daß die Reflexionsfähigkeit ihrer Oberfläche die nämliche ist wie die eines andern bekannten Himmelskörpers. In dieser Beziehung ist Titan, dessen Durchmesser 2300 Miles beträgt, der geeignetste Trabant zum Vergleiche. Prof. William Pickering findet hiernach als Durchmesser der Themis 38 und als Durchmesser der Phöbe 42 Miles.

Was die Bahnbestimmung anbelangt, so ist für so lichtschwache Monde ähnlich wie bei sehr engen Doppelsternen die graphische Methode für die erste Bestimmung die beste. Indessen bietet sie gerade für Themis besondere Schwierigkeiten wegen der großen Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, und Prof. William Pickering führte deshalb die Bahnbestimmung ähnlich wie bei einem Doppelsterne aus, indem er sie auf die Himmelskugel projizierte. Das Ergebnis der Konstruktion und Rechnung ist nun folgendes:

Die halbe große Achse (in der Distanz von 10 Erdbahnradien) beträgt $201.4'' = 906\,000$ Miles $= 1\,457\,000$ *km*; Exzentrizität der Bahn $= 0.23$, Neigung gegen die Ekliptik $= 39.1°$; Länge des aufsteigenden Knotens $= 164.7°$; Länge des Perisaturniums vom Knoten $= 301.1°$; Epoche, in welcher der Satellit sein Perisaturnium passierte, 1904 April 11.5; Umlaufsdauer $= 20.85$ Tage.

In mittlerer Entfernung des Saturn von der Erde beträgt die halbe große Achse der Bahn von Themis $211.2''$ oder nur $2.1''$ weniger

als diejenige des Hyperion. Die Neigung der Bahn übersteigt um 10° die der Bahnen der andern innern Monde des Saturn, ihre Exzentrizität ist größer als die irgend eines andern Satelliten und wird nur von derjenigen einiger Asteroidenbahnen übertroffen. Die größte Distanz vom Saturn beträgt 1 115 000, die kleinste 698 000 Miles. Da ihre mittlere Entfernung vom Saturn ziemlich in die Mitte zwischen die Bahnen des Titan und Hyperion fällt, so verursacht die große Exzentrizität derselben, daß Themis zuzeiten 61 000 Miles innerhalb der Bahn des Titan, zu andern 198 000 Miles jenseits des mittlern Ortes von Hyperion sich befindet.

Die Bahn des Uranusmondes Ariel ist von M. Bergstrand neu berechnet worden,[1]) wobei er sich auf die Beobachtungen von 1852 bis 1901, also auf die frühesten Beobachtungen Lassells, dann die von Marth, Copeland, Newcomb, Holden, Burnham, Perrotin, Barnard, Hussey, Aitken und See stützt. Im ganzen lagen rund 300 Beobachtungen dieses überaus lichtschwachen Satelliten vor, und sie lieferten für die Umlaufszeit den Wert 2.520 380 Tage, nur unbedeutend von der früher (1875) durch Newcomb bestimmten Umlaufszeit abweichend. Für die Epoche 1871 Dezember 31.0 m. Zt. von Washington ergibt sich als mittlere Länge des Trabanten in seiner Bahn 22°.611, als Exzentrizität der letztern 0.0081. Die Länge des Periuraniums vom Knoten gezählt ist $2.4° + 160.03° \times (t - 1896.0)$. Die scheinbare halbe Achse der Bahn ergab sich zu 13.624″ oder 0.156″ kleiner wie der von Newcomb berechnete Wert. Da die Massen der übrigen Uranusmonde jedenfalls sehr gering sind, so ist deren Einfluß auf die Bewegung des Periuraniums des Ariel fast gleich Null, und diese Bewegung wird hauptsächlich von der äquatorialen Anschwellung des Uranus verursacht. Man kann daher aus dieser Bewegung die Abplattung des Uranus berechnen, falls man plausible Annahmen über die Dichtigkeitszunahme dieses Planeten gegen seinen Mittelpunkt hin zu machen imstande ist. Wird die Dichte des Uranus in allen Teilen als gleich angenommen, seine Materie also als homogen, so findet sich für die Abplattung der Wert $^1/_{46}$, unter anderer, beim Saturn gut zutreffender Annahme würde die Abplattung sogar $^1/_{15}$ sein, und die Rotationsdauer etwa 11^h betragen. Die Masse des Ariel berechnet Bergstrand zu 1 : 332 000 der Uranusmasse und die letztere zu 1 : 23 383 der Sonnenmasse.

Der Neptuntrabant ist von Dr. C. W. Wirtz am 18-zölligen Refraktor der Straßburger Sternwarte in den Jahren 1903 und 1904 wiederholt beobachtet worden.[2]) Dabei bemerkte der Beobachter,

---

[1]) Arkiv för Matematik, Astronomi o de Fysik. 1904. **1**.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4035.

daß ihm der Trabant nicht immer gleich hell erschien, daß er bisweilen hell und leicht zu beobachten war, bisweilen nur hin und wieder aufblitzte. „Sicherlich", sagt Dr. Wirtz, „ist ein gut Teil dieser scheinbaren Veränderlichkeit auf Schwankungen des Luftzustandes zurückzuführen; nichtsdestoweniger möchte ich auf die merkwürdige Regelmäßigkeit hinweisen, die meine Helligkeitsnotizen andeuten, wenn man sie nach der Länge des Trabanten in der Bahn ordnet und sie der bessern Übersichtlichkeit halber derart in Zahlen umschreibt, daß der Reihe nach die Angaben sehr schwach, schwach, ziemlich schwach, ziemlich hell, hell durch die Ziffern 1 bis 5 dargestellt werden."

Dann ergibt sich folgendes: „Der Mond erreicht seine größte Helligkeit in der mittlern Länge 40°, seine geringste in der Länge 240°. Über die Größe der hypothetischen Schwankung läßt sich wenig aussagen. Man darf jedoch annehmen, daß sie nur gering zu sein braucht, um in unserm Refraktor, für den das Phänomen nicht viel oberhalb der Grenze der Sichtbarkeit sich abspielt, auffällig zu werden, vielleicht genügt eine Veränderlichkeit von weniger als $^1/_4$ Größenklasse."

Der Neptuntrabant gehört, wie Dr. Wirtz auch erwähnt, zu den wenigen Körpern unseres Sonnensystems, die photographisch heller sind als optisch. Dies beweist schon hinlänglich die Leichtigkeit, mit der sehr genau meßbare Aufnahmen des Satelliten an den 13-zölligen Refraktoren der Himmelskarte bei Expositionen von 15^m an gelingen.

Die Spektra der Planeten Jupiter, Uranus und Neptun sind auf der Lowellsternwarte von V. M. Slipher photographisch aufgenommen und untersucht worden.[1]) „Der Zweck der planetarischen Spektroskopie", sagt er, „ist, die Verhältnisse und Substanzen, welche in den Atmosphären der Planeten vorhanden sind, festzustellen. Das Problem zerfällt naturgemäß in zwei Teile: 1. Auffindung und Feststellung der Lagen der Absorptionslinien oder Bänder und 2. Identifizierung der Substanzen, welchen diese Spektralinien angehören. Der erste Teil ist von mehrern Astronomen untersucht worden, und man hat eine Anzahl von Absorptionslinien der Planetenspektra aufgefunden und festgelegt, weniger ist dagegen bis jetzt in bezug auf die Erkennung der Substanzen, welche die Absorptionslinien dieser Spektra erzeugen, geleistet worden. Was die großen Planeten anbetrifft, so ist das einzige Element, welches mit Sicherheit in den Atmosphären des Neptun und Uranus nachgewiesen wurde, das Wasserstoffgas, auch haben die spektroskopischen Beobachtungen ergeben, daß die Atmosphären des Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun eine unverkennbare Ähnlichkeit ihrer Zusammensetzung

[1]) Lowell Obs. Bulletin Nr. 13.

besitzen. Das starke Absorptionsband im Rot, dessen Wellenlänge $\lambda = 6190$ ist, und das zuerst im Spektrum des Jupiter entdeckt wurde, ist auch in den Spektren des Saturn, Uranus und Neptun vorhanden, so daß ein möglichst eingehendes, photographisches Studium des Spektrums eines dieser vier Planeten interessante Enthüllungen über die Beschaffenheit ihrer Atmosphäre in Aussicht stellt."

Im Anschlusse an seine frühern Untersuchungen über die Spektra des Uranus und Neptun, hat H. Slipher nunmehr ein genaues Studium des Jupiterspektrums unternommen und erhielt während des letzten Winters eine Anzahl photographischer Aufnahmen des rot-orangegelben Teiles desselben. Das benutzte Instrument war der große Lowellspektrograph, der am 24-zölligen Refraktor des Observatoriums angebracht wurde, unter Anwendung von drei verschiedenen Prismen, eines Crownglasprismas von 60°, eines Prismas aus schwerem Flintglase ebenfalls von 60° und eines Systems von drei Flintglasprismen von 63° brechendem Winkel. Der Zweck der Anwendung dieser drei verschieden großen Dispersionen war, schwache Linien zu entdecken, was mit dem erstgenannten Prisma am leichtesten war, dann aber die Absorptionsbänder, besonders diejenigen der Wellenlänge $\lambda = 6190$ bei verschieden starker Dispersion aufzunehmen. Leider gelangen mit letzterm nur zwei Aufnahmen, die zudem unterexponiert sind, so daß die Untersuchung über die Auflösung jenes Bandes in Linien für die nächste Periode günstigerer Sichtbarkeit des Jupiter aufgeschoben werden muß. Slipher betrachtet daher seine jetzige Mitteilung nur als provisorisch.

Im allgemeinen wurde auf den Platten auch das Spektrum des Mondes aufgenommen, und zwar wenn dieser in gleicher Höhe mit Jupiter stand, um den Einfluß der Erdatmosphäre auf das Aussehen der Spektra gleich zu machen. Die Untersuchung der einzelnen Aufnahmen ergab keinen sichern Unterschied des Jupiterspektrums vom Mondspektrum von der Fraunhoferschen Linie F an nach der brechbarern Seite der beiden Spektren hin. In der Nähe der Wellenlänge $\lambda = 5420$ zeigt sich in allen mit dem einfachen Prisma erhaltenen Spektren ein doppeltes Band. Die gegen Blau hin liegende Komponente desselben ist größtenteils, wenn nicht ganz, der Absorption der Sonne und der Erdatmosphäre zuzuschreiben, denn sie erscheint ebenso dunkel wie im Spektrum des Mondlichtes. Die gegen Gelb gelegene Komponente des Doppelbandes ist dagegen im Spektrum des Jupiter dunkler und daher hauptsächlich der Absorption in der Atmosphäre dieses Planeten zuzuschreiben. Ein Streifen bei $\lambda = 5770$ erscheint im allgemeinen etwas dunkler im Spektrum des Jupiter und gewöhnlich doppelt; er gehört unzweifelhaft den Linien $\lambda = 5754$ und $\lambda = 5784$ des Sonnenspektrums an. Auf einigen Platten erscheint die Sonnenlinie $\lambda = 6022$ im Jupiterspektrum dunkler, vielleicht infolge von

Absorption in der Atmosphäre des Planeten. Der Streifen $\lambda = 6190$ des Jupiterspektrums ist stets stark hervortretend, und auf einer Aufnahme scheint er in Linien auflösbar zu sein, wenigstens vermutet dies Slipher. Die Gruppe a (welche dem Wasserdampfe in der Erdatmosphäre zukommt) ist im Spektrum des Jupiter nicht dunkler wie im Spektrum des Mondes. Nahe der Linie $\lambda = 6465$ existiert im Jupiterspektrum noch eine dunkle Bande, die anscheinend in Linien auflösbar ist. In ihr erscheint eine gut definierte Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 6475$. Die Gruppe der Sonnenlinien bei $\lambda = 6495$ liegt nahe dem weniger brechbaren Rande des Bandes. Bei der Fraunhoferschen Linie C ist das Spektrum des Jupiter identisch mit dem Mondspektrum, das weiterhin stattfindende plötzliche Abfallen des Jupiterspektrums bei $\lambda = 6640$ und sein allgemeines Aussehen zwischen den Linien C und A zeigt dagegen deutlich eine Abweichung vom Aussehen der betreffenden Teile des Mondspektrums. Messungen der Wellenlängen der beobachteten dunklen Absorptionsbanden im Jupiterspektrum ergaben, daß von den fünf auf den Photographien sichtbaren Banden zwei den Wellenlängen $\lambda = 5427$ und 5769 entsprechend, mit solchen in den Spektren des Uranus und Neptun übereinstimmen, auch in bezug auf ihre Intensität. Drei von den dunklen Bändern bei den Wellenlängen $\lambda = 6023$, 6192 und 6465, von denen das erste zweifelhaft ist, konnten auf der Photographie der Spektra des Uranus und Neptun nicht verglichen werden, weil diese Photographie sich nicht über die Linie D hinaus erstreckt. H. Slipher gibt die neunfach vergrößerte Kopie eines am 19. Dezember 1904 aufgenommenen Spektrogramms des Jupiter und darüber sowie darunter eine Aufnahme des Mondspektrums zum Vergleiche. Die dem Jupiter eigentümlichen Absorptionsstreifen sind mit dem Buchstaben T bezeichnet und durch Beifügung von Ziffern die Reihenfolge ihrer Intensitäten angegeben. Der Streifen T_1 ist der dunkelste. Die Wellenlängen λ sind ebenfalls angegeben, und man ersieht daraus, daß das photographierte Spektrum ungefähr von $\lambda = 4500$ bis $\lambda = 6800$ reicht.

Es ist von Interesse, mit diesen Spektralaufnahmen des Jupiter zwei frühere der Planeten Neptun und Uranus zu vergleichen, welche H. Slipher mit dem nämlichen Spektroskop an dem gleichen Refraktor erhalten hat.[1]) Die Aufnahme des Neptunspektrums zeigt dasselbe von der D-Linie bis zur Wellenlänge $\lambda = 4400$. Als Vergleichsspektrum über- und unterhalb des Neptunspektrums ist dasjenige des Sternes β in den Zwillingen, welches mit dem Sonnenspektrum übereinstimmt, gegeben. Das eine Vergleichsspektrum ist mit derselben Spaltbreite erhalten worden wie das des Neptun, die für den Stern etwas zu groß war, das andere Spektrum dagegen

[1]) Lowell Obs. Bulletin Nr. 13.

mit engem Spalte, und es zeigt deshalb mehr Linien. An der Grenze der Gruppe b, gegen Violett hin, erscheint das Spektrum des Neptun auffällig hell; die starke dunkle Bande oder Linie, welche man bei F sieht, ist sicher die Absorptionslinie Hβ des Wasserstoffes. Auf der zweiten Platte, welche weiter gegen Violett hin Details unterscheiden läßt, erscheint auch die Wasserstofflinie Hγ und ebenfalls recht stark. Leider war es nicht möglich, die weit im Rot stehende Linie Hα zu photographieren, doch glaubt H. Slipher, daß die Stärke der Hβ-Linie das Vorhandensein einer großen Menge von freiem Wasserstoff in der Neptunatmosphäre anzeige. Das Uranusspektrum ist von Slipher aufgenommen worden unter Anwendung eines dichten Flintglasprismas, welches eine doppelt so große Dispersion gibt als das Crownglasprisma, das beim Neptun in Anwendung kam. Als Vergleichsspektrum wurde über und unter dem Neptunspektrum dasjenige des Mondes photographiert. Die Aufnahme gschah mit einer isochromatischen Platte, die für Gelb sehr sensibel ist, deshalb sind die Banden bei $\lambda = 5430$ und 5770 nicht intensiv genug herausgekommen, aber die Bande bei $\lambda = 5570$ ist total verloren gegangen, obgleich sie auf einer andern Aufnahme sehr deutlich erscheint. Aus dem Vergleiche der beiden Spektra miteinander zieht Slipher, gestützt auf die größere Dunkelheit der Absorptionsbanden im Spektrum des Neptun, den Schluß, daß die Atmosphäre dieses Planeten viel dichter ist als die des Uranus.

Der Mond.

Die Veränderungen am Krater Linné, welche Prof. W. Pickering vor mehrern Jahren wahrgenommen hat, haben Dr. C. W. Wirtz von der Straßburger Sternwarte veranlaßt, dem Gegenstande während der Mondfinsternis am 11. April 1903 seine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihn auch später durch eine systematische Beobachtungsreihe zu untersuchen. In dem von ihm veröffentlichten Berichte über seine bezüglichen Beobachtungen[1]) bemerkt Dr. Wirtz folgendes:

„Werfen wir zunächst einen kurzen Rückblick auf die Geschichte des Kraters Linné. Der einsam im östlichen Teile der dunklen, grauen Ebene des Mare serenitatis gelegene Krater kommt in Hevels „Selenographia“ (Gedani 1647) noch nicht vor, weder auf den verschiedenen Phasendarstellungen, noch auf der Generalkarte Fig. R des Werkes, die im Jahre 1645 hergestellt worden ist. In dem wenige Jahre später erschienenen „Almagestum novum“ (Bononiae 1653) von Riccioli finden wir ihn hingegen schon auf zwei Karten (Bd. I, p. 204).

[1]) Annalen der Kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Straßburg **3.** Annex C.

Auf der ersten Karte, die 27.8 *cm* Durchmesser aufweist, erscheint er als deutlicher schattenerfüllter länglicher Krater von im Mittel $1^3/_4$ *mm* Durchmesser, auf der zweiten ist er als scharfumrissener weißer Fleck verzeichnet; doch dürfen wir auf den letztern Umstand kein großes Gewicht legen; denn die zweite Karte will eben nur als Indexkarte der Nomenklatur dienen. Wir müssen also annehmen, daß Grimaldi — der Urheber beider Karten — Linné, soweit das seine unvollkommenen optischen Hilfsmittel zuließen, als einen echten Krater gesehen hat. J. D. Cassini hingegen hat auf seiner um 1680 ausgearbeiteten großen Mondkarte Linné nicht eingetragen. Nun mag es auch zunächst wundernehmen, daß wir das Gebilde auf Tobias Mayers mit Sorgfalt gearbeiteter größerer Mondkarte, deren Grundlagen um die Zeit von 1748 bis 1750 entstanden, vermissen. Das wird aber leicht erklärlich, wenn man die 40 Detailzeichnungen nachsieht, woraus erhellt, daß überhaupt jene Gegend niemals Gegenstand seines genauen Studiums gewesen. Tobias Mayer kann uns also zur Geschichte von Linné einen Beitrag nicht liefern. Als nächster käme Schröter an die Reihe, der das Mare serenitatis seiner ganzen Ausdehnung nach am 5. Dezember 1788 zeichnete. Hier ist an der Stelle von Linné eine „ganz flache, als ein weißes, rundes Fleckchen erscheinende, etwas ungewisse Einsenkung" (l. c. p. 181). Es sei aber ausdrücklich daran erinnert, daß Schröter nur Spiegelteleskope zur Verfügung standen von keineswegs befriedigender Definition. Daß übrigens Schmidts Identifikation von Linné mit Schröters v zutrifft — und nicht, wie Birt es wollte, mit Schröters dunklem Fleck g — das hat meines Erachtens in überzeugender Weise Dr. H. J. Klein in A. N. 2148 dargetan. Ein anderes Aussehen hat Linné in den nun folgenden Selenographien von Lohrmann (1824) und Mädler (1837). Übereinstimmend geben ihm beide Beobachter eine deutliche runde Kraterform und einen Durchmesser von 10 *km*. Auch Schmidt sah ihn zu Anfang der vierziger Jahre (1840 bis 1843) nicht anders, bis derselbe Beobachter im Jahre 1866 nicht mehr imstande war, Linné als Krater zu erkennen. Von da an ist Linné natürlich sehr häufig beobachtet worden, und unter günstigen Bedingungen sah man in den nächsten Jahren 1867 und 1868 noch einen äußerst niedrigen, großen Krater von 10 *km* Durchmesser, der später nicht mehr vorhanden ist. Das stimmte also ungefähr wieder mit Schröter zusammen. Heutigen Tages liegt an der Stelle von Linné ein vom dunklen Mareuntergrunde sich deutlich abhebender, heller, weißer Fleck mit ein wenig zerzausten Grenzen und einem mittlern Durchmesser von vielleicht 5 *km*. Im Zentrum befindet sich ein niedriger Berg mit einer ganz feinen Krateröffnung. Von jenem weißen Flecke nun zeigte neuerdings W. H. Pickering, daß sein Durchmesser veränderlich sei und in Beziehung stehe zum Mondalter, besser zur Sonnenstrahlung, und daß die Größenschwankung besonders auffällig sei bei Mondfinsternissen.

Während der Mondfinsternis vom 11. April 1903 gelang es mir nun, im Laufe derselben im ganzen 21 Durchmesserbestimmungen des kritischen Fleckes vorzunehmen. Diese Messungen sind in der Richtung des Deklinationskreises angestellt. Die Vergrößerung war 407 fach. Linné erschien wie immer bei Vollmond als mäßig gut begrenzter rundlicher Lichtfleck, in welchem keinerlei Detail sich erkennen ließ, allenfalls eine leichte, wenig auffällige Aufhellung zur Mitte hin. Um die Phasen der Finsternis bequem mit den Messungen vergleichen zu können, sind die erstern in der folgenden Übersicht nach mittlerer Zeit von Straßburg zusammengestellt.

	M. Z. Straßburg
Erster Kontakt mit dem Halbschatten	9h 59m
Beginn der Finsternis	11 6
Eintritt von Linné	11 53
Austritt von Linné	13 34
Ende der Finsternis	14 23
Letzter Kontakt mit dem Halbschatten	15 30

Nach beiläufiger graphischer Skizze wurde ferner der Krater Linné von dem Halbschatten der Erde erreicht um 10.6^h m. Z. Straßburg und wieder frei von ihm um 15.0^h m. Z. Straßburg."

Dr. Wirtz teilt die einzelnen Ergebnisse seiner Messungen der Größe des Fleckes mit. Sie beginnen 10^h 43.8^m und endigen 14^h 34.4^m. „Die Messungen begannen wenige Minuten, nachdem der Halbschatten Linné erreicht hatte, d. h. gerade zu Anfang der für Linné stattfindenden Sonnenfinsternis. Der Durchmesser des Gebildes wird nun zunächst langsam, dann immer rascher größer, während seine Helligkeit abnimmt; der größte Wert wird gemessen, kurz bevor der Krater im Kernschatten verschwindet. Von 5.2 *km* ist so die Ausdehnung bis auf 8.7 *km* gewachsen. Als Linné wieder aus dem Schatten heraustritt, hat die Größe sich auf dem Eintrittswerte gehalten, 8.5 *km*; sie sinkt allmählich auf 6.7 *km* herab, nimmt dann aber wieder bis zum Abbruche der Beobachtungen, der ein wenig vor dem Verlassen des Linné durch den Halbschatten erfolgt, zu bis auf 7.8 *km*. Die gesamte Schwankung vollzog sich also in einer Amplitude von $3^1/_2$ *km*.

Stellt man die Veränderungen in der Größe des Fleckes durch gerade Linien dar und verbindet deren Endpunkte durch eine Kurve, so erhält man eine parabelähnliche Linie, die gegen die Zeit der Verfinsterung des Linné rasch ansteigt, nach dem Austritte aus dem Schatten aber etwas weniger rasch sinkt.

Die Zunahme vor der Finsternis während des Vorüberganges des Halbschattens über Linné ist durchaus verbürgt, sowohl durch die Sicherheit der Messungen in sich, als auch durch das ungezwungene Anschmiegen an die Kurve, deren Gestalt physikalisch völlig plausibel erscheint, da offenbar die Licht- und Wärmeabnahme um so rascher erfolgt, je weiter die Sonnenfinsternis für Linné schon vorgeschritten ist."

„Nichtsdestoweniger," sagt Dr. Wirtz, „erhebt sich aber hier noch ein Einwand, auf den mich Prof. Becker aufmerksam machte. Es wäre recht wohl denkbar, daß das scheinbare Größerwerden von Linné lediglich die Folge einer persönlichen Fehlerquelle sei. Die beobachtete Tatsache spräche eben nur die Tendenz aus, mit abnehmender Helligkeit einer Mondformation ihren Durchmesser immer größer und größer einzustellen. Dann könnte aber diese Erscheinung nicht auf Linné beschränkt geblieben sein, sondern sie hätte sich auf alle Mondkrater erstrecken müssen, die ein ähnliches äußeres Bild zeigen. Wiewohl ich nun neben den Messungen den Krater Linné auch stets mit einem analog gestalteten Nachbarkrater nach Augenmaß verglich und hierdurch direkt sein Wachstum erkannte, da der Vergleichskrater daran nicht teilnahm, so schien es doch hinlänglich wichtig, diesen Nachweis in Strenge durch eine besondere Beobachtungsreihe zu führen.

Der Versuch stützt sich auf die Überlegung, daß das, was in wenig Stunden während einer Mondfinsternis vor sich geht, ja auch innerhalb einer Lunation eintrete: der Wechsel von Licht und Dunkel, von Wärme und Kälte, und daß dann auch die Wirkungen nicht ausbleiben dürfen. Demnach sollten wir erwarten, daß nach Sonnenaufgang über Linné der helle Fleck einen größten Durchmesser haben müsse, der im Laufe des Mondtages bis zum Mondmittage oder noch ein wenig darüber hinaus abnehme, um dann bis zum Sonnenuntergange und bis zum Versinken in die Nachtseite des Mondes wieder anzuwachsen. Messen wir nun außer Linné noch einen nahe gelegenen Vergleichskrater mit, so läßt sich aus dem relativen Gange der beiden Zahlenreihen die gewünschte Entscheidung treffen.

Nach einigen Versuchen fand ich als Vergleichskrater den ebenfalls aus dem Mare serenitatis nordöstlich von Linné sich erhebenden Krater Nr. 22 nach Lohrmanns Karte (bei Mädler, Schmidt und Neison mit B bezeichnet) am geeignetsten. Er ist wenig kleiner als Linné, sieht ihm aber besonders bei hohem Sonnenstande ungemein ähnlich."

Der Vergleichskrater liegt nach Messungen von Dr. Wirtz in + 14° 8.55' selenographischer Länge und + 30° 29.80' selenographischer Breite, erscheint etwas schärfer begrenzt als Linné und besteht aus einer feinen Kratergrube mit niedrigem Walle, die in einer Mulde des Mare serenitatis liegt. Auch im Linné sah Dr. Wirtz bei niedrigem Sonnenstande eine deutliche Kratergrube, deren Durchmesser aus zwei Messungen am 2. Juli und 31. August 1903 sich zu 0.36" oder 680 *m* ergab. Als dagegen am 15. Juli (20.75 Tage nach dem Neumonde) die Lichtgrenze des abnehmenden Mondes über den Vergleichskrater B ging, Linné mithin dicht an der Lichtgrenze stand, sah Dr. Wirtz denselben als ein verlängertes Hügelchen, dessen oberster Schattensaum 1.02" breit war. Ein Krater ließ sich nicht erkennen, wahrscheinlich weil der Beobachter gerade auf die hellbeleuchtete Ostwand von Linné blickte. Die Durchmesserbestimmungen des Linné und des Vergleichskraters B wurden nun in derselben Weise angestellt wie die während der Finsternis an Linné allein vorgenommenen, und zwar an 13 Tagen, die sich über die Zeiträume von 7.6 bis 20.7 Tagen nach dem letztverflossenen Neumonde verteilen. Es ergab sich, daß der Krater B im Durchmesser (von 5.76 *km*) unverändert blieb, während Linné bei 5.84 *km* kleinstem Durchmesser pro Tag des Mondalters im Mittel 0.105 *km* größer wurde. Der kleinste Wert des Durchmessers ist 6.30 *km* (7.6 Tage nach dem Neumonde). „Es scheint somit," sagt Dr. Wirtz, „daß in der Tat der Durchmesser von Linné im Laufe einer Lunation variabel sei, und zwar nach Aussage der Formel derart, daß er, nachdem der Mondtag bei einem Mondalter von ungefähr 7 Tagen für ihn begonnen, mit jedem weitern Tage um 105 *m* zunimmt, bis er bei einem Mondalter von 21 Tagen wieder in die Nachtseite taucht. Natürlich nimmt die Formel nur den Rang einer Interpolationsformel ein, deren Gültigkeitsbereich man keineswegs unter ein Mondalter von 6 Tagen oder über ein solches von 21 Tagen ausdehnen darf."

„Aber auch so widersprechen anscheinend die Beobachtungen außerhalb der Finsternis den während derselben gesammelten. Wir hätten erwarten müssen, daß Linné mit ziemlich großem Durchmesser aus der Nachtseite herausgetreten, mit höher steigender Sonne zusammengeschrumpft und von dem im Mondalter von 15 Tagen eintretenden Minimum an wieder gewachsen wäre. Statt dessen findet ein sehr langsames Wachstum während der halben Lunation statt, solange wir die Formation überhaupt erblicken. Möglich wäre es freilich immerhin, daß infolge der langsamen Strahlungszu- und -abnahme im Laufe eines Mondtages die Änderungen sehr viel geringer ausfielen, ja so klein blieben, daß sie ungefähr dem Range der zufälligen Beobachtungsfehler gleichständen.

Entgegen meinen Resultaten wollen die Beobachtungen, die W. H. Pickering in Arequipa während der Jahre 1897 und 1898 gesammelt, dartun, daß der Durchmesser von Linné gleich nach Sonnenaufgang am größten ist, daß er dann bis 1 Tag nach Mittag rapide abnimmt (um 1.8"), und daß er danach etwas weniger rasch ansteigt (um 1.3") bis zum Versinken in die Nachtseite. Anderseits stimmen indes die von demselben Beobachter in Cambridge (U. S.) während der Mondfinsternis 1902 16. Oktober erhaltenen Durchmesserbestimmungen von Linné mit meinen Ergebnissen überein, insofern, als auch dort ein deutliches Wachstum vor der Finsternis und eine starke Vergrößerung des Gebildes beim Austritte aus dem Erdschatten gefunden wurde. Auch die Gestalt der Kurve der Zunahme stimmt mit der von mir konstruierten gut überein, weniger gut die Amplitude der Schwankung, für die ich die Grenzen 2.8" bis 4.8" setze, während Pickering hat 2.8" bis 3.3" vor der Verfinsterung, 5.5" danach.

Die Ursache der beobachteten Erscheinung befriedigend aufzuklären, bereitet noch einige Schwierigkeiten. An rein vulkanische Vorgänge wird man nicht denken dürfen, da dann die enge Beziehung des Ganzen zur Sonnenstrahlung nicht wohl plausibel gemacht wäre. Am ehesten wird man vielleicht noch zur Annahme mondatmosphärischer Phänomene hinneigen, die etwa der Taukondensation in unserer Lufthülle vergleichbar wären. Man wird diese Hypothese um so weniger von der Hand weisen dürfen, als ja außerdem noch

einige andere Wahrnehmungen auf die Anwesenheit eines feinen gasförmigen Mediums in verschiedenen Niederungen der Mondoberfläche hinweisen. Vergleichbar dem Verhalten Linnés scheint mir z. B. dasjenige der großen Wallebene Plato, deren innere stahlgraue Fläche von Sonnenaufgang an langsam sich aufhellt, bis die Sonne etwa 20° Höhe über ihr erreicht, dann bis kurz vor Vollmond wieder abdunkelt und so auch in der abnehmenden Phase bleibt, bis die Lichtgrenze fast den Aristoteles durchschneidet, worauf die Fläche hell wie das Mare wird. Ebenso spielen sich auch in der Nähe des Kraters Messier Vorgänge ab, die eine unbestreitbare Beziehung zum Sonnenstande besitzen.

Bei künftigen Beobachtungen der Formation Linné halte ich es für wichtig, neben ihrem Durchmesser auch ihrer Flächenhelligkeit Aufmerksamkeit zu widmen, und zwar sowohl photographisch als optisch. Auf diese Weise muß man rasch zur Entscheidung gelangen, ob man es mit einem atmosphärischen Phänomen zu tun hat oder nicht, sobald nur jenes gasförmige Medium unserer Lufthülle beiläufig ähnlich sieht. Ist dies nämlich der Fall, so würde sich die Lichtschwankung von Linné und der mit verwandten Erscheinungen behafteten Krater aktinisch gemessen größer herausstellen müssen als optisch; denn die Extinktion der chemisch wirksamen Strahlen durch unsere Atmosphäre beträgt das 2.1 fache der unserm Auge sichtbaren. Stillschweigende Voraussetzung bei alledem ist natürlich, daß die Sonnenstrahlen wirklich die angenommenen Gaswolken auf dem Monde durchdringen und erst von der darunter liegenden Oberfläche wesentlich reflektiert werden."

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1904. Prof. H. Kreutz gab[1]) eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen des Jahres 1904, denen folgendes entnommen ist: Brooksscher Komet 1903 V (1903d). Der Komet hat in der ganzen Erscheinung ungewöhnliche Helligkeitsschwankungen gezeigt. Die Beobachtungen mit dem 36-Zöller der Licksternwarte, die gegen Ende Oktober 1903 wegen Lichtschwäche abgebrochen waren, konnten bei größerer Helligkeit des Kometen am 10. Dezember wieder aufgenommen und bis 1904 Januar 14 fortgesetzt werden. Eine ausgedehntere Beobachtungsreihe als auf der Licksternwarte ist auf der Marinesternwarte in Washington erhalten worden, indem dort der Komet ununterbrochen von 1903 August 20 bis 1904 Februar 15 verfolgt worden ist. Auch hier wird betont, daß der Komet, wenn er auch im allgemeinen ein schwieriges Objekt war, doch an einzelnen Beobachtungstagen, wie z. B. am 6. und 13. Dezember und am 11. Februar überraschend hell gewesen ist.

Komet 1904 I (1904a), entdeckt von Brooks in Geneva N. Y. am 16. April 1904 in 17^h AR. und + 44° Dekl. Mit diesem Kometen beträgt die Zahl der Entdeckungen, die wir Brooks verdanken, 24. Am gleichen Tage hat den Kometen Lucien Rudaux in Donville,

1) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 1905. **40**. p. 81 ff.

Frankreich, auf der photographischen Platte fixiert, doch ist die Kometennatur des aufgefundenen Nebels erst nach Bekanntwerden der Brooksschen Entdeckung festgestellt worden. Endlich hat sich nachträglich herausgestellt, daß der Komet auf fünf Harvardplatten von 1904 April 1, 2, 5, 13 und 16 vorkommt; die Vermutung, daß auch zwei auf Platten vom 11. und 15. März 1904 aufgefundene nebelartige Objekte mit dem Kometen identisch seien, hat sich nicht bestätigt.

In den ersten Tagen der Sichtbarkeit hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 9. Größe mit einem scharfen Kerne 10. Größe, einer Koma von 1.5′ Durchmesser und einem fächerförmigen Schweife von 4′ Ausdehnung. Da der Komet sich andauernd in den nördlichen Teilen des Himmels bewegte und bei sehr langsamer Lichtabnahme viele Monate hindurch auch in mittlern Fernrohren sichtbar war, ist eine ungewöhnlich große Zahl von Beobachtungen angestellt worden. Mitte Januar 1905 war die Helligkeit erst auf die 11. Größe herabgesunken, so daß in lichtstarken Fernrohren auch noch auf weitere Beobachtungen zu rechnen sein wird.

Im Spektrum des Kometen trat nach einer Beobachtung auf der Harvardsternwarte vom 16. April das Bänderspektrum sehr gegen das kontinuierliche zurück, eine Erscheinung, die an die des Kometen 1898 VII erinnerte.

Bemerkenswert ist die ungewöhnlich große Periheldistanz des Kometen, $q = 2.71$. Sie reicht nahe an die des viel lichtschwächern Kometen 1903 II heran und wird bedeutend nur von der des in dieser Beziehung unerreicht dastehenden großen Kometen von 1729 übertroffen. Die folgenden Elemente sind von Nijland aus drei Beobachtungen 1904 April 17, Mai 3 und 19 abgeleitet worden und stellen auch jetzt noch den Lauf des Kometen nahe dar.

T = 1904 März 7.0940 m. Z. Berlin, $\omega = 53° 29' 53''$ 1904.0, $\Omega = 275° 45' 59''$ 1904.0, $i = 125° 7' 37''$ 1904.0, log q = 0.43248.

K o m e t 1904 II (1904 d), entdeckt 1904 Dezember 17 von Giacobini in Nizza am Morgenhimmel als schwacher, kleiner Nebel 11. Größe, in welchem mehrere knotenartige Verdichtungen zu erkennen waren. Der Komet, welcher schon November 3 sein Perihel passiert hatte, behielt zunächst seine Helligkeit bei, da die zunehmende Entfernung von der Sonne durch die Annäherung an die Erde kompensiert wurde. Erst seit Ende Januar ist sie in der Abnahme begriffen, doch kann zurzeit der Komet auch in mittelstarken Fernrohren noch beobachtet werden. Besondere Eigentümlichkeiten hat er bisher nicht dargeboten.

Die folgenden Elemente hat Aitken aus den Beobachtungen 1904 Dezember 19, 27 und 1905 Januar 9 abgeleitet:

T = 1904 November 3.2644 m. Z. Berlin, $\omega = 40° 42' 34.8''$ 1905.0, $\Omega = 218° 28' 4.5''$ 1905.0, $i = 99° 36' 41.2''$ 1905.0, log q = 0.274 540.

Zweiter Tempelscher Komet 1904 III (1904 c). Nachdem im August 1904 und später vergeblich nach diesem Kometen gesucht worden ist, ist endlich am 30. November 1904, drei Wochen nach dem Perihel, auf der Sternwarte in Nizza die erste Beobachtung gelungen. Der Komet war sehr schwach und bildete eine Nebelmasse von 1.5′ bis 2′ Durchmesser ohne Kern. Die nach den untenstehenden Elementen gerechnete Ephemeride von Coniel war bis auf eine Zeitsekunde genau, so daß das Fehlschlagen der frühern Nachforschungen nur in der größern Lichtschwäche des Kometn seinen Grund haben kann. Die schon früher bemerkte Eigentümlichkeit, daß der Komet nach dem Perihel mehr Licht als vorher ausstrahlt, hat sich also auch hier wieder gezeigt. Außer den ersten Beobachtungen in Nizza sind bis jetzt nur noch einige Ortsbestimmungen in Algier bekannt geworden.

Die der Ephemeride von Coniel zugrunde liegenden Elemente von Schulhof lauten:

Epoche 1904 Oktober 30.0 m. Z. Berlin. $M = 357° 51' 28.6,''$ $\omega = 185° 44' 38.6$ 1904.0, $\Omega = 120° 59' 51.8''$ 1904.0, $i = 12° 38' 54.6''$ 1904.0, $\varphi = 32° 50' 3.7''$, $\mu = 672.175''$, $\log a = 0.481683$, T = 1904 November 10.472 m. Z. Berlin, U = 5.279 Jahre. — Die Störungen durch Jupiter und Saturn sind genähert berücksichtigt. Zur völligen Darstellung der Beobachtungen genügte eine Verminderung der mittlern Anomalie um 6″, entsprechend einer Verspätung der Perihelzeit um 0.010 Tage.

Enckescher Komet 1905 I (1904 b). Der Komet wurde nach der Ephemeride von Kaminsky und Okulitsch am 11. September von Kopff in Heidelberg als sehr schwache, diffuse Nebelmasse photographisch aufgefunden. Durch eine zweite Aufnahme vom 17. September wurde die Entdeckung bestätigt. Die ersten visuellen Beobachtungen fanden erst am 28. Oktober (Millosevich) und am 30. Oktober (Hartwig) statt, so daß es volle sechs Wochen gedauert hat, bis der Komet auch mit dem Auge gesehen werden konnte. Er war an diesen Tagen sehr groß mit einem Durchmesser von 10′; in der Mitte war eine schwache Verdichtung sichtbar. Im November nahm die Helligkeit erst langsam, später fast sprungweise zu. Am 25. November hatte der Komet nach Holetschek die 9., am 4. Dezember die 7., am 10. die 6., am 23. Dezember, kurz bevor er im Tageslichte verschwand, die 5. Größe erreicht. Die letzten Ortsbestimmungen sind, soviel bis jetzt bekannt, am 22. Dezember in Arcetri und Utrecht angestellt worden.

Zur Vergleichung mit der jetzigen Erscheinung kann die von 1828, bei der der Periheldurchgang nur einen Tag früher fiel, herangezogen werden. Damals fand W. Struve im Dorpater Refraktor den Kometen zuerst am 16. September als höchst schwache Nebelmasse auf; doch vertrug er ebensowenig an diesem Tage, wie am 2. Oktober die Beleuchtung der Fäden im dunklen Felde, so daß

die Ortsbestimmungen bis zum 13. Oktober hinausgeschoben werden mußten. An den andern Sternwarten begannen solche noch später, gegen Ende Oktober. Die spätern Angaben über die Helligkeit weichen wenig von denen Holetscheks in der jetzigen Erscheinung ab; hervorzuheben wäre höchstens, daß der Komet am 19. Dezember nach Holetschek dem Sterne 13 Delphini an Helligkeit nachgestanden hat, während Struve ihn am 7. Dezember 1828 als gleich hell mit *diesem* Sterne geschätzt hatte. Die Erscheinung von 1828 wird von Berberich zu den besonders hellen gerechnet, so daß also der Komet im Jahre 1904 das Maximum der Helligkeit zwar nicht ganz, aber doch annähernd erreicht zu haben scheint.

Der Ephemeride von Kaminsky und Okulitsch liegen die nachstehenden Elemente, bei denen die genäherten Jupiterstörungen berücksichtigt sind, zugrunde.

Epoche 1904 November 9.0 m. Z. Berlin, $M = 341° 3' 39.6''$ 1904.0, $\omega = 184° 35' 31.2''$ 1904.0, $\Omega = 334° 27' 8.2''$ 1904.0, $i = 12° 35' 37.3''$ 1904.0, $\varphi = 57° 54' 20.5'' - 2.394''\,\tau$, $\mu = 1075.6661'' + 0.06930''\,\tau$, $\log a = 0.345553$, T = 1905 Januar 11.384 m. Z. Berlin, U = 3.298 Jahre.

Zur Darstellung der Beobachtungen war eine Korrektion der mittlern Anomalie von —9.52′ erforderlich, entsprechend einer Verspätung des Periheldurchganges um 0.53 Tage.

Komet 1905 II (1904 e) (Borrelly), entdeckt von Borrelly in Marseille am 28. Dezember als eine runde Nebelmasse 10. Größe von 1′ bis 2′ Durchmesser, mit etwas exzentrisch gelegenem Kerne 11. Größe. Die Helligkeit nahm bald ab und ist zurzeit auf die Hälfte der Entdeckungshelligkeit gesunken. Bei der Bahnberechnung hat sich herausgestellt, daß der Komet zur interessanten Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit gehört; die von Fayet aus Beobachtungen von Dezember 31 bis Januar 26 abgeleiteten Elemente lauten:

T = 1905 Januar 16.68442 m. Z. Berlin. $\omega = 352° 13' 59.0''$ 1905.0, $\Omega = 76° 41' 34.5''$ 1905.0, $i = 30° 31' 58.8''$ 1905.0, $\varphi = 38° 17' 48.5''$ 1905.0, $\mu = 503.932''$, $\log a = 0.565090$, U = 7.041 Jahre.

Die Bahn zeigt eine entfernte Ähnlichkeit mit der des Kometen Pigott von 1783, der nach den Elementen von C. H. F. Peters eine Umlaufszeit von 5.9 Jahren besitzt, aber bisher nicht wieder erschienen ist. Peters wies in seiner Abhandlung über den Kometen darauf hin, daß derselbe in seinen nächsten Umläufen starke Störungen hat erleiden müssen, die möglicherweise seine Bahn sehr verändert haben können. Ob tatsächlich eine Identität beider Kometen vorliegt, oder ob nur eine zufällige Verwandtschaft der Elemente vorhanden ist, wird erst entschieden werden können, wenn der Komet 1904 e in mehrern Erscheinungen beobachtet und damit eine genaue Feststellung der Umlaufszeit ermöglicht sein wird.

Für den Wolfschen Kometen, der 1905 Mai 4 sein Perihel

passieren wird, hatte Berberich für die Zeit von 1904 Mai 7 bis August 11 eine Ephemeride gerechnet, die aber zur Auffindung des wohl zu dieser Zeit noch zu lichtschwachen Kometen nicht geführt hat.

Der periodische Komet 1889 V (Brooks). Am 6. Juli 1889 entdeckte William R. Brooks zu Geneva im Staate New-York, einen schwachen teleskopischen Kometen, der bis in den Januar 1891 verfolgt werden konnte. Für das bloße Auge wurde dieser Komet niemals sichtbar, auch zeigte er keinerlei bemerkenswerte Eigentümlichkeiten im Aussehen; aber bald stellte sich heraus, daß die Bahn, die er beschrieb, ihn zu einem der interessantesten Gestirne dieser Art macht. Chandler war der erste, welcher nachwies,[1]) daß diese Bahn im Jahre 1886, als der Komet dem Jupiter sehr nahe kam, eine völlige Umgestaltung erlitten hatte und in ihrer heutigen Gestalt erst seit diesem Termine besteht. Noch mehr Interesse erregte die von Chandler gezogene Folgerung, daß dieser Komet wahrscheinlich identisch sei mit dem berühmten, verloren gegangenen Kometen von 1770, der unter dem Namen des Lexellschen Kometen in der Geschichte der neuern Astronomie eine große Rolle spielt. Der Lexellsche Komet war zuerst gesehen worden in der Nacht des 14. zum 15. Juni 1770 von Messier und konnte, mit einer Unterbrechung im Juli und August bis zum 3. Oktober beobachtet werden. Berechnungen einer parabolischen Bahn desselben, welche Pingré, Lambert und andere ausführten, stimmten nicht genügend mit den Beobachtungen überein, und Lexell fand, daß dieser Komet eine elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von 5 bis 6 Jahren beschreibt. Lexell zeigte ferner, daß der Komet im Mai 1767 dem Jupiter sehr nahe gekommen, und seine damalige Bahn wahrscheinlich durch dessen Einwirkung so verändert worden sei, daß er nunmehr, 1770, für uns sichtbar wurde. Eine zweite Annäherung an den Jupiter berechnete Lexell für den August 1779 und sprach aus, daß infolgedessen der Komet 1781 oder 1782 nicht zurückkehren werde. In der Tat ist er vergeblich gesucht und niemals wiedergesehen worden. Im Jahre 1844 legte Leverrier der Pariser Akademie eine genauere Untersuchung vor über die Bahn dieses Kometen und den Charakter der Störung, welche derselbe 1779 durch den Jupiter erlitten hat.[2]) Indessen konnte er nicht zu endgültigen Ergebnissen gelangen, weil mehrere der ältern Beobachtungen sich als so ungenau erwiesen, daß eine definitive Bahnbestimmung unmöglich war. Der Vergleich der Bahnelemente des Kometen nach der großen Jupiterstörung vor 1770 mit denjenigen des Brooksschen Kometen von 1886 nach Chandlers Berechnung, zeigt eine

[1]) Astron. Journ. Nr. 205.
[2]) Annales de l'Observ. de Paris **3**. p. 203.

überraschende Ähnlichkeit beider. Die Ergebnisse Chandlers beruhten indessen nur auf Beobachtungen, die sich über den kurzen Zeitraum von drei Monaten erstreckten. Auch waren bei der Berechnung die Störungen, die der Komet in den Jahren 1886 bis 1889 erlitten, nicht berücksichtigt worden. In seiner Abhandlung gab Chandler die Umlaufszeit des Kometen in der Bahn von 1886 auf 26,9 Jahre an, und auf der völligen Richtigkeit dieser Annahme beruht die Identität dieses mit dem Lexellschen Kometen. Im Jahre 1889 hatte sich Schulhof auf Grund einer andern Betrachtung gegen diese Identität ausgesprochen.[1]) In der zweiten Hälfte des Jahres 1889 nahm Prof. Lane Poor das Problem wieder auf,[2]) allein die Ergebnisse seiner Untersuchung wichen erheblich von denjenigen Chandlers ab und ließen die Frage ungelöst. In der Hoffnung, daß die Beobachtungen beim Wiedererscheinen des Brooksschen Kometen im Jahre 1896 zur Entscheidung der Frage von Bedeutung sein würden, berechnete Lane Poor neue Bahnelemente desselben, und mit Hilfe derselben konnte der Komet aufgefunden und verfolgt werden. Prof. Bauschinger bestimmte dann durch eine höchst sorgfältige Bearbeitung die Bahnelemente, die sich am besten den Erscheinungen des Kometen 1889 bis 1890 und 1890 bis 1897 anpaßten,[3]) wobei sich zeigte, daß kleine periodische Verschiedenheiten zwischen den beobachteten und berechneten Orten des Kometen bestanden. Auf Grund der Bauschingerschen Bahnelemente führte dann Neugebauer die Vorausberechnungen für die Wiederkehr des Kometen im Jahre 1903 weiter fort, und das Gestirn wurde am 18. August jenes Jahres sehr nahe dem vorausberechneten Orte aufgefunden und weiterhin beobachtet. Es schien nunmehr Prof. Lane Poor angezeigt, seine frühere Arbeit über den Kometen mit Hilfe dieser neuen Beobachtungen zu ergänzen und endgültige Ergebnisse über die Annäherung desselben an den Jupiter im Jahre 1886 und die dadurch hervorgerufene Veränderung seiner Bahn zu erhalten. Diese Arbeit hat er durchgeführt und veröffentlicht.[4]) Das Nachfolgende faßt die Hauptresultate derselben kurz zusammen.

Um die Bahnelemente des Kometen während der drei Epochen seiner Sichtbarkeit möglichst scharf zu verbinden, berechnete er zunächst aufs neue die Störungen, denen der Komet in den Intervallen 1889 bis 1896 und 1896 bis 1903 durch die Anziehung der Erde, des Mars, des Jupiter und Saturn ausgesetzt war. Es ergab sich, daß die mittlere Bewegung des Kometen von 1896 bis 1903 anscheinend etwas größer war als während der Zeit 1886 bis 1889, aber keine

---

[1]) Bull. astronomique 1889, November, Dezember.
[2]) Astron. Journ. Nr. 320.
[3]) Unters. über den period. Kometen 1889 V, 1896 VI (Brooks) 2. Teil.
[4]) Contr. from the Observatory of Colombia Univ. Nr. 22. Auszug daraus in Astron. Nachr. Nr. 4016.

Annahme über eine und dieselbe mittlere Bewegung konnte allen drei Erscheinungen des Kometen genügen. Eine Revision der Rechnungen zeigte, daß auch die Störungen durch die Venus nicht vernachlässigt werden durften, indem sie nahezu gleich groß, wie die des Mars waren. Wurden diese berücksichtigt, so kamen alle Ortsbestimmungen des Kometen während seiner drei Erscheinungen in gute Übereinstimmung.

Prof. Lane Poor schritt dann zur Untersuchung der Einwirkung des Jupiter auf die Bahn des Kometen im Jahre 1886, indem er zunächst die Bahn bestimmte, welche dieser beschrieb, als er die Sphäre der überwiegenden Anziehung des Jupiter verlassen. Nachdem dies geschehen, berechnete er die Elemente der hyperbolischen Bahn, in welcher sich der Komet bis dahin um Jupiter bewegt hatte, dann auch die Störungen seiner Bewegung durch die Sonne in der Zeit von Oktober bis März 1886 und jene, die von der abgeplatteten Gestalt des Jupiter herrühren. Unter Berücksichtigung dieser Einwirkungen ergaben sich dann die Bahnelemente der Ellipse, welche der Komet am 24. März 1886 um die Sonne beschrieben hatte, in dem Augenblicke, da er in die Aktionssphäre des Jupiter trat. Einige Monate vor dieser Zeit waren Jupiter und der Komet so nahe beieinander, daß die Bahn des letztern ununterbrochen durch die Anziehung des erstern verändert wurde. Es wurde daher erforderlich, die Störungen, welche Jupiter auf dieselbe ausübte, auch noch für eine gewisse frühere Dauer zu berechnen, und auf diese Weise fanden sich dann endlich die Bahnelemente für die Epoche 1883 bis 1885. Sie lieferten als Umlaufsdauer des Kometen die Zeit von 29.22 Jahren mit einer Unsicherheit von etwa 0.03 Jahr. Lexells Komet hatte 1779 die große Störung seiner Bewegung in dem Teile der Jupiterbahn erlitten, in welchem 1886 der Komet Brooks ebenfalls die Veränderung seiner Bahnelemente erlitt. Zwischen beiden Appulsen liegt ein Zeitraum von 107 Jahren, dem, falls die Identität beider Kometen erwiesen sein soll, genau entsprochen werden muß. Wenn die Umlaufsperiode des Kometen Brooks im Jahre 1883, vor der großen Störung aber, wie oben gefunden, 29.22 Jahre betrug, so ist dies kein aliquoter Teil von 107, so daß, falls der Komet in der Zwischenzeit nicht noch andere und merkliche Bahnänderungen erlitten hat, die ganze Frage nach der Identität beider Kometen hinfällig wird. Eine große Annäherung des Kometen Brooks an den Saturn ist nicht nachweisbar; wenn dagegen die Umlaufszeit dieses Kometen 1883 etwas länger war, als nach den definitiven Bahnelementen sich ergeben hat, so würde eine bedeutende Annäherung desselben an den Jupiter im Jahre 1827 erfolgt sein. Hätte in der Tat diese Umlaufsdauer vor 1883 29.6 Jahre betragen, so wären zwei Umläufe des Kometen genau gleich fünf Umläufen des Jupiter gewesen, und beide Weltkörper würden 1827 einander sehr nahe gewesen sein. Prof. Lane Poor hält es nicht für unmöglich, daß tatsächlich

die Umlaufsdauer des Kometen 29.6 (statt, wie die Revision ergab, 29.2) Jahre betrug. Die von der abgeplatteten Gestalt des Jupiter bedingten Störungen der Bewegung des Kometen übten nämlich einen beträchtlichen Einfluß aus, und dieser ist schwer mit völliger Schärfe zu bestimmen. Das Ergebnis der umfassenden Arbeit ist demnach, daß die Möglichkeit einer Identität des Kometen Brooks mit dem Lexellschen Kometen vorhanden ist, aber die Rechnungen *selbst* für die Nichtidentität beider sprechen.

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903 IV. Auf Grund einer genauen Untersuchung, welche sich auf photographische Aufnahmen des Schweifes des genannten Kometen am 24. Juli 1903 stützt, hat R. Jaegermann eine höchst merkwürdige Tatsache gefunden.[1])

Diese Untersuchungen betreffen die Bewegung eines vom Kopfe des Kometen vor dessen Periheldurchgange völlig losgetrennten Schweifstückes und stützen sich auf die photographischen Aufnahmen, welche auf der Yerkes- und Licksternwarte, sowie an andern Orten gemacht worden sind. Es ergibt sich daraus das interessante und für die Theorie der Kometenschweife wichtige Ergebnis, daß jenes Schweifende mit der dem Kometenkerne am nächsten liegenden Seite sich innerhalb eines Zeitraumes von 6^h 59^m nicht allein von der Sonne fort-, sondern zugleich mit einer mittlern Geschwindigkeit von 35 *km* in der Sekunde in einem zur Sonne konvexen Bogen bewegte. Gleichzeitig entfernte es sich von der Sonne mit einer mittlern Geschwindigkeit von 17.2 *km* in der Sekunde. Der Kern des Kometen bewegte sich um dieselbe Zeit in seiner Bahn mit einer Schnelligkeit von 43.5 *km* und näherte sich der Sonne mit einer solchen von 35.0 *km* pro Sekunde. „Wie zu ersehen", sagt Jaegermann, „haben wir es hier mit Geschwindigkeiten zu tun, welche sehr weit entfernt sind von den Geschwindigkeiten des Lichtes, der Elektrizität, der Kathodenstrahlen. Es ist also eine ponderable Materie, welche sich in dem Schweife unter dem unzweifelhaften Einflusse einer von der Sonne ausgehenden, im allgemeinen aber gleich der gewöhnlichen Attraktion unbekannten repulsiven Kraft befindet, da diese Materie sich auf einem zur Sonne konvexen Bogen mit einer mäßigen Geschwindigkeit fortbewegt, während der Kern sich der Sonne auf einem zu derselben konkaven Bogen nähert. Der konvexe Bogen ist ein Teil einer zur Sonne konvexen Hyperbel, deren zweiter Brennpunkt sich im Sonnenzentrum befindet. Ein vor dem Perihel des Kometen ausgeströmter Stoff bewegt sich, der Theorie gemäß, zuerst zur Sonne hin, geht dann durch sein hyperbolisches Perihel, um sich darauf wieder von der Sonne zu entfernen. Im gegenwärtigen Falle wurde die Schweifmaterie erst

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3978.

nach ihrem Durchgange durch das hyperbolische Perihel beobachtet."

Als Moment der Ausströmung aus dem Kerne findet sich der Rechnung nach Juli 23 10h m. Zt. v. Berlin. An jenem Tage ist der Komet sowohl auf dem Lick- als auf dem Yerkesobservatorium photographiert worden. Das in Rede stehende Schweifende ist aber auf diesen Photographien nicht zu sehen, weil es in fast derselben Richtung und fast mit derselben Geschwindigkeit wie der Kern des Kometen sich bewegte und darum von demselben sich in einer Entfernung befand, welche kleiner als der Halbmesser der Nebelhülle des Kometenkopfes war. „Spuren des andern, vom Kerne entferntern, schon früher ausgeströmten Schweifendes sind dagegen auf beiden Photographien schon deutlich ausgesprochen. Am 25. Juli wurde der Komet wiederum zuerst von Barnard, darauf von Curtiss photographiert. Auf beiden Photographien war das Schweifende ebenfalls nicht mehr zu sehen, weil es sich der Theorie gemäß erstens ganz am Ende, resp. außerhalb des fixierten Schweifes befand und namentlich, weil es sich zweitens mit der enormen Bahngeschwindigkeit von schon 74.5 resp. 81.9 *km* pro Sekunde bewegte, so daß die entsprechenden Schweifteilchen infolge der hierdurch hervorgebrachten Zerstreuung im Raume keine Wirkung mehr auf die photographische Platte äußern konnten".

„Die von Bredichin ausgearbeitete mechanische Kometentheorie,"[1]) sagt Jaegermann, „erklärt die beim Kometen 1903 IV beobachtete Bewegung der Schweifmaterie vollständig. Auch diejenigen Formen, welche gerade die Ecksteine dieser Theorie bilden, sind bei diesem Kometen beobachtet worden. Es ist dieses die auf der Aufnahme von S. Albrecht am 12. August 1903[2]) in der krassesten Weise ausgesprochene Wellenform und ihre Komplizierung, die Gammaform, auf der Zeichnung von Fournier am 13. August 1903.[3]) Diese Formen, welche bekanntlich durch schwingende Bewegungen eines oder zweier gleichzeitiger Ausströmungssektoren entstehen, weisen ebenfalls auf das beharrlichste darauf hin, daß die Schweifmaterie des Kometen 1903 IV sich auch an andern Tagen mit äußerst geringer Geschwindigkeit — im Vergleiche zu der des Lichtes usw. — den Schweif hinunter, von der Sonne fortbewegt haben muß; im entgegengesetzten Falle könnten niemals solche Formen entstehen und beobachtet werden.

Ein Kometenschweif ist also ein materielles Gebilde, welches mit dem Kerne aber nicht konstant vereinigt ist, sondern sich nur aus demselben mehr oder weniger regelmäßig und stetig bis zu einer früher oder später eintretenden Erschöpfung erzeugt, um dann für

---

1) Vgl. über dieselbe Sirius 1904.

2) Lick Obs. Bull. Nr. 52.

3) Bull. de la Soc. astr. de France, Sept. 1903.

den Kern infolge der stetigen Einwirkung der repulsiven Sonnenkraft ganz verloren zu gehen".

Später hat R. Jaegermann noch neue Untersuchungen über den Gegenstand veröffentlicht,[1]) für welche er photographische Aufnahmen von J. Roberts und M. F. Smith, die an dem nämlichen Tage erhalten wurden, benutzen konnte. Dieselben bestätigen in Verbindung mit den frühern Aufnahmen die stetige Fortbewegung des Schweifendes vom Kerne des Kometen und gleichzeitig von der Sonne. Hiernach vollzog sich die Fortbewegung der Schweifmaterie von der Sonne auf einem zur Sonne konvexen Bogen, dessen Länge, 983 592 *km*, vom Schweifende in 7^h 58^m durchlaufen ward. Hieraus ergibt sich eine mittlere Orbitalgeschwindigkeit der Schweifmaterie, auf Grund direkter Beobachtungen, von nur 34.3 *km* pro Sekunde. Im Laufe dieser 7^h 58^m hat sich die Schweifmaterie von dem Kerne, in der Richtung des verlängerten Radiusvektors, mit der mittlern Geschwindigkeit 51.21 *km* pro Sekunde fortbewegt, von der Sonne aber in derselben Richtung, nur mit 16.20 *km* pro Sekunde.

Wie Jaegermann schon in der ersten Abhandlung bemerkte, nähert sich die vor dem Perihel des Kernes ausgeströmte Materie zuerst der Sonne, geht dann durch ihr hyperbolisches Perihel, um sich darauf stetig von der Sonne zu entfernen. Es ergab sich, daß die Schweifmaterie erst nach ihrem Periheldurchgange photographiert wurde, doch muß dieser Periheldurchgang sich kurz vor der photographischen Aufnahme von Roberts vollzogen haben.

Diesen Rechnungen zufolge ist die uns interessierende Schweifmaterie vom Kerne ausgeströmt im Momente 1903 Juli 23.40 083 m. Zt. Berlin, mit der Anfangsgeschwindigkeit 0.42 oder 12.5 *km* pro Sekunde zum Kerne, unter dem Winkel —21° 30′ zum Radiusvektor (negativ vor dem Radiusvektor) und bewegte sich in der Kometenbahnebene auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel, unter dem Einflusse einer von der Sonne ausgehenden repulsiven Kraft = 89.05.

Im Ausströmungsmomente (23. Juli) trat die Schweifmaterie mit einer Orbitalgeschwindigkeit von 55.2 *km* pro Sekunde (zur Sonne) in die Kometenbahn, unter einem Winkel von 3° 13.5′ zu derselben, hinein. Sie bewegte sich also fast in derselben Richtung, wie der Kern, zur Sonne hin und trat erst fünf Stunden später mit der schon bis zu 46.7 *km* pro Sekunde verminderten Orbitalgeschwindigkeit aus derselben wieder hinaus, um aber immer noch ihre Bewegung zur Sonne, in der Nähe des Kernes, jedoch stets vor demselben verbleibend, fortzusetzen. Ungefähr drei Stunden nach dem Austritte der Schweifmaterie aus der Kometenbahn wird der Komet von Barnard und fünf Stunden später nach demselben Momente, von Curtiss photographiert, als die Geschwindigkeit der Schweif-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4025.

materie nur noch 42.3 resp. 38.8 *km* pro Sekunde beträgt, während der Kern sich die ganze Zeit mit einer nahezu konstanten Orbitalgeschwindigkeit von 43.1 *km* pro Sekunde bewegte. Infolge dieser fast gleichmäßigen und mit dem Kerne in derselben Richtung sich vollziehenden Bewegung der Materie des Schweifendes befand letzteres, während der photographischen Aufnahmen von Barnard und Curtiss, sich in so geringer Entfernung vom Kerne, welche kleiner als der entsprechende Radius der Nebelhülle ist. Spuren des andern, vom Kerne entferntern, schon früher, etwa Juli 22.52 ausgeströmten Schweifendes sind dagegen auf der Photographie Barnard und namentlich Curtiss deutlich ausgesprochen.

Es ist also der „ephemere“ Schweif auch am 23. Juli photographiert worden, nur besaß er noch nicht die Länge, wie am folgenden Tage (24. Juli), was bekanntlich mit der mechanischen Theorie der Kometenschweife übereinstimmt, da eine Hyperbelbewegung der Schweifmaterie in kurzer Zeit, namentlich bei einer so großen Kraft, eine ungeheure Ausdehnung und Zerstreuung der Schweifmaterie in der Richtung von der Sonne weg hervorruft. Die vom Kerne entferntern und früher ausgeströmten Teile eines Kometenschweifes besitzen im allgemeinen eine andere, größere Geschwindigkeit und bewegen sich in andern Bahnen, als die dem Kerne nähern Teile.

Am folgenden Tage (24. Juli) erreichte die entsprechende Schweifmaterie eine minimale Orbitalgeschwindigkeit von 30.15 *km* pro Sekunde im Perihel.

„Bei der weitern Fortbewegung der Schweifmaterie von der Sonne unter dem Einflusse der gleich der gewöhnlichen Attraktion, nach dem Gesetze des Quadrates der Abstände wirkenden repulsiven Kraft, muß natürlich die orbitale Geschwindigkeit stetig wachsen, und die Schweifmaterie, welche sich außerdem noch auf auseinander gehenden Hyperbelbahnen bewegt, muß sich immer mehr und mehr bis zur Unsichtbarkeit im Raume ausdehnen und endlich ganz zerstreuen. Den Rechnungen gemäß befand sich das uns interessierende Schweifende am 25. Juli, während der neuen photographischen Aufnahmen von Barnard und Curtiss, schon in sehr großer Entfernung vom Kometenkerne und besaß namentlich schon solche großen Orbitalgeschwindigkeiten, 74 resp. 82 *km* pro Sekunde, daß die hierdurch völlig zerstreute Materie keine Wirkung mehr auf die photographische Platte äußern konnte.“

„Die hier beim Kometen 1903 IV auch durch die andern Photographien völlig bestätigte Bewegung des Schweifendes auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel, mit einer, nur einer ponderabeln Materie zukommenden Geschwindigkeit, bestätigt somit endgültig, wenn es überhaupt einer solchen Bestätigung in Anbetracht der grundlegenden Untersuchungen von Th. Bredichin bedurft hätte, daß erstens die Kometenschweife materielle Gebilde sind, und daß

zweitens die Existenz einer von der Sonne ausgehenden repulsiven Kraft, welcher Natur sie auch sein mag, nicht dem geringsten Zweifel mehr unterzogen werden kann und darf."

„Es ist noch interessant," fährt Jaegermann fort, „schon an dieser Stelle kurz zu bemerken, daß eine ebensolche mäßige Bewegung der Schweifmaterie auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel auch beim Kometen Swift 1892 I, auf Grund der von W. H. Pickering[1]) gegebenen Messungen einer Schweifverdichtung, in einer noch viel krassern Form nachgewiesen werden kann. Die Bewegung der Schweifverdichtung kann im Laufe von sechs Tagen, 5. bis 10. April 1892 (in der Perihelgegend des Kernes) auf einem zur Sonne und zur Kometenbahn sehr stark konvexen Bogen von 31.5 Millionen Kilometer Länge verfolgt werden. Die mittlere Orbitalgeschwindigkeit des Kernes betrug während dieser Zeit 41.5 *km* pro Sekunde, während die mittlere Orbitalgeschwindigkeit der Schweifverdichtung in den verschiedenen Zeitintervallen, auf Grund direkter Beobachtungen, beständig wächst, und zwar:

1892	April	5	bis	April	6	45	*km* pro	Sekunde
	„	6	„	„	7	57	„ „	„
	„	7	„	„	8	68	„ „	„
	„	8	„	„	10	95	„ „	„

Die Ursache der längern Sichtbarkeit der Schweifmaterie liegt in diesem Falle hauptsächlich in dem viel geringern Werte der repulsiven Kraft, als beim Kometen 1903 IV. Den vorläufigen Rechnungen gemäß übertrifft sie die gewöhnliche Attraktion nur ungefähr 36 mal, nach Pickering 39.5 mal. Einen solchen Wert der repulsiven Kraft 36 für den I. Schweiftypus erhielt schon Bredichin auf Grund einer Untersuchung der von Hussey gemessenen Bewegung einer Schweifverdichtung des Kometen Rordame 1893 II. Dieser Wert 36 steht also nicht mehr vereinzelt da.

Interessant ist noch die Tatsache, daß die bis jetzt bekannten Werte der Repulsionskräfte I. Typus 18, 36, 89 nicht kontinuierlich ineinander übergehen, sondern sich wie die ganzen Zahlen 1 : 2 : 5 verhalten. Die Ursache hiervon ist gewiß in einer entweder rein physischen oder chemischen Verschiedenheit der diesen Kräften entsprechenden Schweifmaterie zu suchen".

Physische und photometrische Beobachtungen des Kometen 1904 I hat Dr. C. W. Wirtz am 18-zölligen Refraktor der Straßburger Sternwarte angestellt.[2]) In bezug auf die Größe seines Perihelabstandes von der Sonne (q = 2.71 Erdbahnradien) nimmt dieser Komet die dritte Stelle ein, denn er wird darin nur von dem Kometen 1729

[1]) Annals of the Astronomical Observ. of Harvard College **32**. 1900. Part II. p. 277.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 4002.

($q = 4.05$) und dem Kometen 1903 ($q = 2.78$) übertroffen. Das Aussehen seines Kernes unterlag nach den Beobachtungen von Dr. Wirtz während der Beobachtungszeit starken Schwankungen. Zu Anfang, am 19. April, erschien er deutlich gekörnt und entsandte kurze Strahlen in die Koma hinein; die Schärfe seiner Definition ließ zu wünschen übrig, so daß er sich am 24. und 26. April nur als starke, im P. W. 80° bezw. 40° gedehnte körnige Lichtanhäufung repräsentierte. Am 28. April war der Kern kaum als schwache Verdichtung gegen die Mitte, am 30. April etwas besser als starke zentrale Konzentration wahrnehmbar. Nachdem er dann am 3. Mai wieder scharf gesehen worden, zerfiel am 4. Mai die unregelmäßig gestaltete Kernscheibe in mehrere Körner, um am folgenden Tage wieder ein fixsternartiges Aussehen anzunehmen. Der 14. Mai zeigte die Kernscheibe von neuem leicht, aber deutlich granuliert, und am 19. Mai sah man sie grobgekörnt mit kurzen zugerundeten, nach Art eines Sternpolygons nahe symmetrisch angeordneten Strahlen. Vom 30. Mai bis Mitte Juli blieb der Kern klein und fixsternähnlich, ging am 15. Juli in eine schlecht umrissene Kernscheibe mit angedeuteter Granulierung über und nahm am 19. Juli wieder eine befriedigende Präzision an, die jetzt bei abnehmender Lichtstärke und aufhellendem Himmelsgrunde bis etwa Mitte September bestehen blieb. Eine Ausnahme bildet der 19. August, an dem kein Kern gesehen wurde; am 27. und 29. August blitzte um den eigentlichen Kern ein Kranz weiterer Lichtpünktchen auf. Am 5. September hatte sich das Kernchen ein wenig exzentrisch gelagert, und vom Oktober an wurde ein Kern trotz aller Anstrengung nicht mehr erkannt.

Über den Durchmesser des Kernes liegen die folgenden Schätzungen vor.

1904		Kerndurchmesser	
April	19	2″	(3200 *km*)
	24	5	(8000 „)
	26	1.5	(2400 „)
Mai	4	3	(5100 „)
	19	3	(5400 „)
Juli	15	7	(17500 „)

Im Gegensatze zum Kerne zeigte die Koma ein sehr konstantes Äußere; dies mag aber nur daher rühren, daß sich Änderungen bei ihrer gänzlich diffusen Begrenzung, abgesehen vom Durchmesser, kaum hätten erkennen lassen. Nur so viel darf man vielleicht aussagen, daß das anfangs starke Anwachsen der Helligkeit zur Mitte hin gegen den Schluß der Erscheinung sich verlor, und der Glanz ziemlich gleichförmig verbreitet gewesen zu sein scheint. Gestützt wird diese Annahme nicht nur durch die direkten Wahrnehmungen der Lichtverteilung, sondern auch durch die bis zum November beobachtete Größe des Durchmessers der Koma; wären nämlich ihre äußern Partien stets im gleichen Verhältnisse zum Zentrum

schwach gewesen, so hätten sie sich auf dem hellen Himmelsgrunde verlieren und die Durchmesser der Koma erheblich geringer angesetzt werden müssen.

Die Komadurchmesser wurden von Dr. Wirtz geschätzt·

1904		Komadurchmesser		1904		Komadurchmesser	
April	19	1.6′	(160000 *km*)	Aug.	2	1.0′	(160000 *km*)
	20	2.2	(210000 „)		4	0.7	(110000 „)
	21	2.0	(200000 „)		12	1.0	(160000 „)
	28	1.5	(150000 „)		19	0.5	(84000 „)
	30	1.5	(150000 „)		27	0.5	(85000 „)
Mai	3	2.0	(200000 „)		29	1.2	(200000 „)
	7	2.0	(200000 „)	Sept.	5	1.0	(170000 „)
	11	1.7	(170000 „)		17	2.3	(400000 „)
	14	2.5	(260000 „)	Okt.	10	1.0	(180000 „)
	19	3.0	(320000 „)		27	2.0	(350000 „)
	30	2.0	(230000 „)		28	2.0	(350000 „)
Juli	9	0.8	(110000 „)	Nov.	4	1.5	(260000 „)
	15	0.6	(90000 „)				

Der Schweif des Kometen entwickelte sich erst während der Erscheinung. Am 19. und 20. April zeigte sich nur ein schwacher kurzer Schweifansatz, am 3. Mai ein ganz blasser breiter verwaschener Schweif, der am 11. Mai, wohl leichten Dunstes wegen, nur geahnt werden konnte, am 14. Mai aber eine deutlich fächerartige Figur und längs der Mittelachse einen dunklern Kanal aufwies. Am 6. Juni prägten die hellern Partien von Koma und Schweif bis auf 2 Abstand vom Kerne klar die Zwiebel- oder Gammafigur aus, von der die übrige Schweifmaterie, die die gewöhnliche, gerade mit wachsender Entfernung vom Kerne allmählich verbreiterte Form bildete, durch den Helligkeitssprung scharf sich schied. Am 6. Juli schien der Schweif in zwei fast parallele, von der breitern Koma ausschließende Äste zu zerfallen; am 9. Juli zeigte sich wiederum die Zwiebelfigur, die diesmal allein den ganzen Schweif ausmachte. Am 3. August konnte der Schweif zum letzten Male als äußerst zartes blasses Gebilde erkannt werden.

Meteoriten.

Die gemeinsame kosmische Abkunft der Meteoriten von Stannern, Jonzac und Juvenas ist von Prof. v. Nießl rechnerisch untersucht worden. Der erstgenannte Meteorit fiel im Mai 1808, der zweite im Juni 1819, der dritte im Juni 1821. Die Untersuchung, welche der K. K. Akademie in Wien durch Hofrat E. Weiß vorgelegt wurde, ergab folgendes.[1])

[1]) Wiener Akad. Ber. 1904. p. 343.

Die Epochen und scheinbaren Radianten der drei Meteoriten sind:

			Radiant AR	Radiant D
1. Stannern:	1808,	Mai 21, 17^h 30^m bis 18^h	315°	— 15°
2. Jonzac:	1819,	Juni 12, 17 45	185	+ 58.5
3. Juvenas:	1821,	Juni 15, 3	141	— 13.5

Wie schon diese Strahlungspunkte erkennen lassen, stellen sich die Bahnen, welche die Meteoriten unmittelbar vor dem Zusammentreffen mit der Erde verfolgt haben konnten, als sehr wesentlich voneinander abweichend heraus, welche Geschwindigkeiten man ihnen auch zuschreiben mag. Namentlich unterscheidet sich die Bahn der Meteoriten von Stannern von jenen der beiden andern Fälle dadurch, daß sie sich streng rückläufig erweist, während diese, wenn auch mit verschiedenen Neigungen, rechtläufig waren.

Daraus mußte unabweisbar gefolgert werden, daß ein etwaiger kosmogenetischer Zusammenhang zwischen den drei Fällen nur in einer entferntern frühern Bewegungsphase gesucht werden könnte. Die in dieser Richtung geführte Untersuchung konnte sich jedoch nur auf die Möglichkeit eines solchen Zusammenhanges erstrecken, da für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit aus den vorliegenden Beobachtungsresultaten ganz verläßliche Grundlagen nicht zu gewinnen waren.

Die Prüfung sehr verschiedenartiger Annahmen führte der Hauptsache nach zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Versuch, diese voneinander sehr abweichenden heliozentrischen Bahnen aus einer im Weltraume, außerhalb des Sonnensystems für alle drei bezüglich der Richtung und Geschwindigkeit nahezu identischen Bewegung abzuleiten, begegnet keinen Schwierigkeiten. Er liefert ein positives, mögliches und bezüglich der beiden letztern Fälle auch wahrscheinliches Resultat. Hinsichtlich der Falles von Stannern würde sich jedoch für die ursprüngliche Bahn, vor dem Eintritte in das Sonnensystem, der laterale Abstand von den beiden andern sehr groß ergeben. Es müßte also dann für die Quelle dieser Meteoriten ein aufgelöster stellarer Strom von sehr bedeutendem Querschnitte angenommen werden.

2. Bei der Prüfung der Hypothese, daß die drei verschiedenen Bahnen innerhalb des Sonnensystems noch identisch waren, aber durch Störungen seitens eines der großen Planeten, insbesondere Jupiters, erst die nachgewiesenen Abweichungen erlangten, mußte die Frage getrennt werden.

a. Die Bahnen von Jonzac und Juvenas können ohne sehr unwahrscheinliche Annahmen durch solche Störungen aus ursprünglich einheitlichen erzeugt worden sein.

b. Aus denselben oder ähnlichen ursprünglichen Bahnen in gleicher Weise jene der Meteoriten von Stannern abzuleiten, ist

ohne Voraussetzungen, denen nur geringe Wahrscheinlichkeit zukommen würde, kaum möglich.

3. Würde man dagegen den Ort solcher Störungen im Sonnensysteme sehr weit über die Regionen der uns bekannten Planeten hinaus annehmen, so wäre allerdings auch die Ableitung der rückläufigen Bahn von Stannern, wie der beiden rechtläufigen, aus wenig voneinander abweichenden primären Bewegungen möglich.

4. Wollte man diese Meteoriten als vulkanische Auswürflinge eines interplanetarischen Körpers betrachten, so könnte letzterer auch nur in großer Ferne, weit über die unsern Beobachtungen zugängliche Planetenregion hinaus, angenommen werden.

Aus jedem Gesichtspunkte erscheint zunächst die Zusammengehörigkeit der Meteoriten von Jonzac und Juvenas viel wahrscheinlicher als deren genetische Beziehung zu den Meteoriten von Stannern.

Neue Untersuchungen über den Meteoriten von Cañon Diablo.[1]) Das in Arizona bei Cañon Diablo gefundene gediegene Eisen ist mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, und in demselben sind sehr harte, kleine Bestandteile, sodann schwarze Diamanten und von Henry Moissan selbst auch einzelne durchsichtige Diamanten nachgewiesen worden. Für seine erste Untersuchung hatte letzterm aber nur ein kleines, 4 *g* wiegendes Stückchen Eisen zur Verfügung gestanden; jüngst wurde ihm Gelegenheit, an einem voluminösen Stücke des Eisens von Cañon Diablo von 183 *kg* Gewicht diese Untersuchung wieder aufzunehmen.

Das Probestück hatte die an den Meteoriten bekannte unebene Oberfläche von dunkelkastanienbrauner Farbe und ließ beim Zerschneiden die Bandsäge ziemlich leicht bis zur Tiefe von einigen Zentimetern eindringen. Bald aber schien die Säge auf einen sehr harten Körper gestoßen zu sein, und der Einschnitt nahm nicht zu; erst mit einer andern Säge und kräftigern Zügen gelang es nach mehrern Stunden, den Widerstand zu überwinden, und man konnte weiter sägen, um sehr bald wieder auf einen ähnlichen Widerstand zu stoßen. Dies wiederholte sich so oft, daß erst eine Arbeit von 20 Tagen den Eisenblock in zwei Teile zerlegt hatte.

Die Schnittfläche maß 626 *qcm*; sie war auf der einen Hälfte homogen von der Farbe und dem Glanze des Eisens, während auf der andern fünf große und drei kleinere Flecke sichtbar waren, die graue oder schwarze Farbe, elliptische oder kreisförmige Gestalt besaßen und durch schwarze, unregelmäßige Linien oder schwarze Spalten zusammenhingen. Diese Flecken waren die Stellen, welche beim Zersägen den großen Widerstand dargeboten hatten, was man

[1]) Compt. rend. 1904. **139**. p. 773—780.

an der Vertiefung der Metallfläche erkennen konnte. Unter dem Mikroskop erschien der metallische Teil homogen, während die elliptischen Flecke heller und kristallinisch aussahen; manche waren von einem schwarzen Bande umgeben; die Spalten waren mit einer schwarzen, bandförmigen Masse gefüllt. In den Hüllen einiger Ellipsen erkannte man Haufen glänzender Kristalle von metallischem Aussehen; an andern Stellen enthielten die Hüllen und Spalten schwarze, sehr feinkörnige Massen.

Für die chemische Analyse dieses Meteoriten wurden 53 *kg* in reiner Salzsäure gelöst, wobei die Schnittfläche sehr bald parallele Streifungen hervortreten ließ, die hin und wieder von senkrechten Streifen geschnitten wurden. Ferner zeigte sich, daß die elliptischen Flecke des Querschnittes Knoten entsprachen, die in der Salzsäure zerfielen, angegriffen wurden und zu Boden sanken; man sah auf ihnen scharf randige Näpfchen, wie an der Oberfläche der meisten Meteoriten. Der sich während der Lösung entwickelnde Wasserstoff enthielt Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff. Einer gesonderten Analyse wurden das Metall, die Knoten und die Kohlenstoffvarietäten unterworfen.

Das Metall erwies sich als Legierung von Eisen und Nickel, welche geringe Mengen von Phosphor, Silizium, Schwefel, Kalzium, Magnesium und Spuren von Kobalt enthielt. Seine Zusammensetzung war keine gleichmäßige; der Nickelgehalt variierte an den außen entnommenen Stücken zwischen 1.66% und 3.61%, während eines aus dem Innern 3.94% Nickel enthielt. In der Nähe der Knoten wurde im Metall mehr Phosphor und Kohle gefunden als fern von diesen. Die Knoten enthielten teils metallische Bruchstücke, teils schwarze und amorphe Teile. Mit Salzsäure erhielt man unter starker Entwicklung von H_2S eine Lösung, die viel Eisen, Nickel und etwas Kobalt, ferner eine geringe Menge Phosphor, Silizium, Kalzium und Magnesium enthielt. Der unlösliche Teil bestand aus Kieselerde, amorpher Kohle, Graphit und schwarzen, sowie durchsichtigen Diamanten. Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthielt glänzende, teils nadel-, teils würfelförmige Kriställchen, die aus Phosphoreisen von der Formel P_2Fe_3 bestanden. Ferner hat Moissan die Anwesenheit von Kohlenstoffsilizid nachgewiesen. Der Kohlenstoff endlich, der sich in wechselnder, aber stets geringer Menge in der Eisennickellegierung fern von den Knoten gefunden, war teilweise bei der Lösung des Meteoriten in Form von Kohlenwasserstoff entwichen. Der Rückstand, in dem zuweilen Stückchen von $\frac{1}{4}$ *ccm* angetroffen wurden, zeigte den Kohlenstoff in verschiedenen Zuständen: als sehr leichte, dunkelkastanienfarbige, feinpulverige Kohle, aus der Zersetzung von Karbiden stammend, als hellere Kohlenstückchen, die durch Druck zusammengebacken schienen, als Graphit, der stets amorph war,

als schwarzer Diamant aus runden Körnern in reicher Menge und als durchsichtiger Diamant in Form von Tropfen und Oktaedern mit abgerundeten Kanten.[1])

Radianten und Höhen von Meteoren der Aprilperiode 1874 hat Prof. Dr. Broch bestimmt.[2]) In der Zeit vom 19. bis 24. April 1874 wurden zu Wien, Pola, Kremsmünster, Brünn und O'Gyalla insgesamt 442 Beobachtungen von Sternschnuppen veranstaltet. Unter diesen wurden 36 als korrespondierende Meteore erkannt. Als Mittelwert für die Höhe des Erscheinens wurde 177, für die Höhe des Verschwindens 119, für die Bahnlänge 92 *km* gefunden.

Radiationspunkte wurden 12 aufgestellt. Von den diesen Radianten entsprechenden Meteorschwarmbahnen weisen, von dem Hauptradianten I bei α Lyrae abgesehen, die Radianten II, V und VIII mit den Bahnen der Kometen 1864 III, beziehungsweise 1849 III und 1844 II ziemliche Ähnlichkeit auf.

Eine merkwürdig niedrige Sternschnuppe. P. Götz vom astrophysikal. Observatorium Königstuhl-Heidelberg berichtet hierüber: „Am 12. August 1904 machte ich eine $5\frac{1}{2}$-stündige Aufnahme des Andromedanebels, und zwar gleichzeitig mit den zwei 6-zölligen Voigtländerobjektiven, die dem 6-zölligen Refraktor aufmontiert sind. Während der Aufnahme durchkreuzte eine ziemlich helle Perseïde das Gesichtsfeld und wurde auf beiden Platten festgehalten. Eine Sternschnuppe ist für den photographierenden Astronomen gewöhnlich ein unwillkommenes Objekt, da sie die schönsten Platten verderben kann. Diese Sternschnuppe aber hat großes Interesse, weil sie trotz des geringen Abstandes der zwei photographischen Objektive voneinander eine beträchtliche Parallaxe zeigt. Schon mit bloßem Auge erkennt man auf den beiden Platten eine ganz merkliche Verschiebung. Im Stereokomparator schwebt die von ihr hinterlassene Spur weit vor der Ebene der Fixsterne. Die Spur ist geradlinig, dagegen zeigt sie in der dritten Dimension eine starke Krümmung so, daß die konvexe Seite gegen den Beschauer gekehrt ist. Prof. Wolf fand am Stereokomparator eine mittlere parallaktische Verschiebung von 28.12″. Eine Nachmessung am Repsoldschen Meßapparat bestätigt das Resultat und gibt für verschiedene Punkte der Lichtspur Parallaxen von 28.26″, 37.31″, 27.78″, 25.20″, 17.14″, 10.00″.

Die Basis des Dreieckes Sternschnuppe-Voigtländer I -Voigtländer II wird von dem Abstande der beiden Objektive gebildet, deren Mittelpunkt 68 *cm* voneinander entfernt sind. Daraus folgt für die Abstände der Sternschnuppe entsprechend der

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1905. Nr. 2.
[2]) Wiener Akadem. Anzeiger 1905. p. 330.

sechs angegebenen Werte der Parallaxen: 4.98, 3.78, 5.05, 5.57, 8.27, 14.03 *km*.

Die Entfernung des Explosionspunktes kann nicht direkt festgestellt werden, da er außerhalb des Gesichtsfeldes der beiden Objektive liegt. Wohl aber liegt er noch auf der Platte der kleinen, am Pointer befestigten Kamera und befindet sich in der Richtung der abnehmenden Parallaxen, also in größter Entfernung vom Beobachtungsorte. Dieselbe ergibt sich durch Extrapolation mit obigen Werten zu 35.5 *km*. Die Spur verläuft von $\alpha = 0^h\ 33.6^m$ und $\delta = +44°\ 17'$ nach $\alpha = 23^h\ 52.2^m$ und $\delta = +\ 35°\ 28'$, dem Explosionspunkte, der sich in zwei, bis zur zweiten Größenklasse anschwellenden Maxima zu erkennen gibt, die unmittelbar nebeneinander liegen. Das erste ist etwas länger als das zweite."

Die Bahn des Meteors vom 2. November 1903 ist von Hofrat G. v. Nießl in Brünn untersucht worden.[1]) Obwohl die frühe Morgenstunde ($4^h\ 43.5^m$ mittl. Wiener Zeit), hin und wieder auch Nebelwetter der Beobachtung des Meteors nicht günstig war, so machte doch die außerordentliche, wie viele Berichte sagen, schreckenerregende Lichtstärke, welche diese Feuerkugel entfaltete, so großen Eindruck, daß die infolge des Aufrufes der k. k. Wiener Universitätssternwarte und anderer Erkundigungen eingelangten Nachrichten hinreichende Grundlagen zur Bestimmung aller Bahnverhältnisse lieferten.

Die in dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen stellten heraus, daß das erste Aufleuchten wahrgenommen wurde, als sich das Meteor ungefähr 155 *km* über der Gegend von Schönsee in Bayern an der Westseite des Böhmerwaldes befunden hatte. Von hier ging dessen Bahn nahezu gegen ONO quer über Böhmen hin, dabei über die Gegend von Jičin und Alt-Paka, wo deutliche Detonationen vernommen wurden, dann aber noch weiter, bis in einer Höhe von nicht ganz 61 *km* ungefähr über Weigwitz südlich von Breslau völlige Hemmung und Erlöschen stattfand.

Fast über der Hälfte dieser etwa 380 *km* langen und nur 12.4° gegen den Horizont des Endpunktes geneigten Bahn blieben Residuen des Meteors in Form eines, namentlich im mittlern Teile sehr breiten, durch einige Minuten rotglühend nachleuchtenden Streifens zurück.

Aus 14 scheinbaren Bahnen ergaben sich der Ort des scheinbaren Radiationspunktes am Himmelsgewölbe in 48.8° Rektaszension und 5.2° südlicher Deklination.

Für die Bestimmung der Geschwindigkeit lagen 20 Dauerschätzungen vor. Mit besonderer Berücksichtigung derjenigen, welche sich auf nachweisbare Bahnstrecken beziehen, konnte die geozen-

[1]) Wiener Akad. Ber. 1905. p. 86.

trische Geschwindigkeit zu 63.3 *km*, die heliozentrische zu 67 *km*, entsprechend einer sehr ausgeprägten Hyperbel, abgeleitet werden.

Legt man diese Geschwindigkeit zugrunde, so ergibt sich die heliozentrische Richtung des Eintrittes in das Sonnensystem oder der kosmische Ausgangspunkt in 13.7° Länge und 23.6° südlicher Breite.

Ungefähr aus derselben Gegend des Weltraumes ist das am 19. November 1861 9^h 38.4^m mittl. Greenwicher Zeit in England beobachtete große detonierende Meteor gekommen. Da die Bearbeitung der darauf bezüglichen sehr interessanten Beobachtungsmaterialien noch nicht veröffentlicht wurde, findet sie sich in einem Anhange der Originalabhandlung beigefügt. Es geht aus den Ergebnissen hervor, daß die Zusammengehörigkeit der beiden Meteore hinsichtlich ihrer Abstammung, selbst für sehr verschiedene Annahmen über die Geschwindigkeit, große Wahrscheinlichkeit besitzt.

Die Bahn des am 21. März 1904 in Süddeutschland sichtbaren Meteors ist von P. Moschick untersucht worden,[1]) wobei Verfasser eine neue Methode zur Bahnbestimmung in Anwendung brachte. Es lagen Beobachtungen aus 55 Orten vor. Das Ergebnis seiner Arbeiten faßt Verf. wie folgt zusammen:

Das am 21. März 1904 im südlichen und mittlern Deutschland und in der ganzen Schweiz sichtbare Meteor ist über einem Punkte, dessen Länge 4° 57.7′ östl. Green. und dessen nördliche Breite 49° 41.6′ beträgt, in einer Höhe von 62.9 *km* abends 8^h 20^m 30^s M E Z erloschen. Der Ort, über dem dies eintrat, liegt, wenige Kilometer nordwestlich von Sedan, noch auf französischem Boden. Unter der Voraussetzung, daß das beobachtete Bahnstück eine Gerade, wurde das Meteor zum ersten Male gesehen, als es sich 65.3 *km* (91.0 *km*) hoch über dem Orte mit der Länge 10° 18.4′ östlich Green. (10° 3.0′) und der Breite 49° 0.7′ (48° 51.8′) befand.

Als Position des Radiationspunktes findet Verf. $\alpha = 197°\ 31.0'$ $\delta = -7°\ 44.9'$ und damit als Zenitdistanz des Radianten für den Endpunkt der Bahn den Betrag von 91° 44.2′. Das würde bedeuten, daß das Meteor unter der Voraussetzung einer geradlinigen Bahn nicht in dem der Erde nächsten Punkte seines Weges in Stücke gegangen ist, sondern daß es vermöge seiner Geschwindigkeit noch eine Zeitlang auch über diesen Punkt hinaus in seiner geradlinigen Bewegung, den Sternschnuppen vergleichbar, beharrte und dann erst, im Begriffe, von der Erde sich wieder zu entfernen, sich auflöste. Ein analoger Fall wurde am 21. Dezember 1876 in Rochester U. S. A. beobachtet; bei diesem stellte sich die Zenitdistanz des Radianten sogar auf 94°—95° [2].) Bei des Verf. vielfachen Versuchen, unter welchen Bedingungen man einen Radianten erhält, dessen Zenitdistanz kleiner als 90°, stellte sich heraus, daß unter Beiseitelassung der Beobachtungen, deren Gewicht kleiner als 1, und bei gleicher Gewichtsverteilung an die übrigen, das Resultat der Radiant $\alpha = 193°\ 20.9'$, $\delta = -6°\ 10.0'$ mit einer Zenitdistanz von 87° 52.1′ ist. Da es von Interesse ist, die durch die beiden Radianten bedingten Verschiedenheiten

[1]) Mitt. der Großherzogl. Sternwarte zu Heidelberg V. 1905.

[2]) v. Nießl, Über die Periheldistanzen und andere Bahnelemente usw. Brünn 1891. p. 72; Americ. journ. of science **13**, p. 168 u. 207 und Proceedings of the Americ. Philos. Society in Philadelphia 1877 März 16.

der Bahnen zu kennen, hat Verf. die weitere Rechnung doppelt durchgeführt; um sie auseinanderzuhalten, bezeichnet er sie mit „Hypothese I, Hypothese II,“ je nachdem die erste oder zweite Position des Radianten benutzt wurde.

Nach Hypothese I ist das Meteor zum ersten Male 7 *km* nördlich von Ellwangen in Württemberg, nach Hypothese II über Abtsgmünd, südwestlich von Ellwangen, wahrgenommen worden. Von hier aus nahm es seinen Weg über Württemberg, Baden, kreuzte den Rhein in der Nähe von Germersheim, flog weiter über die Pfalz, die Rheinprovinz und das südliche Luxemburg und platzte endlich an dem schon angegebenen Orte. Diesen 401.0 *km* (387.0 *km*) langen Weg legte es in 9.4 (9.3) Sekunden zurück; die Bahn war ostwestlich und zeigte nur eine schwache Neigung gegen Nord. Die niedrigste Höhe, die es nach Hypothese I erreichte, beträgt 59.6 *km*, und der Punkt, von dem an es wieder langsam aufwärts stieg, liegt halbwegs zwischen Trippstadt und Landshut in der Pfalz; die geringe Differenz, die zwischen den Höhen an diesem Orte und an dem Endpunkte der Bahn besteht, entzieht sich selbstverständlich der Kontrolle durch die Beobachtungen.

Über das Äußere ist zu bemerken, daß der Hauptkörper auf der dem Endpunkte der Bahn abgewendeten Seite eine Verlängerung zeigte, welche dem Ganzen Ähnlichkeit mit einer „Birne“ verlieh. Eine von der Stirnseite des Meteors ausgehende Streckwelle leuchtender Partikelchen erzeugte einen schwalbenschwanzförmigen Schweif, der allerdings von einer Anzahl Beobachter negiert wird.

Als es infolge der Reibung an den höhern Luftschichten ins Glühen geriet, erschien es noch verhältnismäßig schwach und übertraf an Leuchtkraft nur wenig die Sterne 3. bis 4. Größe; sein Glanz steigerte sich indes rapid und erleuchtete am Ende der Bahn die Gegend mit Tageshelle. Die Intensität des Lichtes war ferner periodischen Schwankungen unterworfen, die das Meteor bald heller, bald dunkler erscheinen ließen. Für die Farbe geben die meisten Berichte blendendes Weiß oder Grün des Hauptkörpers, das im Schweife in Rot überging.

Es ist anzunehmen, daß gegen Ende der Erscheinung das Meteor sich in zwei bis fünf größere Stücke teilte, die weniger glänzend und mit verringerter Geschwindigkeit ihren Weg noch eine Zeitlang fortsetzten, um vielleicht nach abermaligen Teilungen zu verlöschen. Diese Tatsache bringt eine erhöhte Unsicherheit des Endpunktes mit sich, da die Positionsangaben der Beobachter wohl zum Teil auf den Punkt des Springens, zum Teil auf den Punkt des Verlöschens sich beziehen mögen. Nimmt man an, daß das Meteor nach der Teilung noch 2^s seine Bahn gezogen, so hätte die Teilung zwischen Luxemburg und Esch in Luxemburg stattgefunden.“

Was die kosmische Bahn des Meteors anbelangt, so findet Verf., je nachdem er den Radianten nach Hypothese I oder II annimmt, folgende Bahn:

	Hypothese I (Ellipse) Perihelzeit 1904 März 26.87 m. Berl. Z.	Hypothese II (Hyperbel) 1904 März 23.49 m. Berl. Z.
π	317° 46′	306° 37′
☊	180 48	180 48
i	3 4	3 14
log q	9.14173	9.31989
log a	1.07727	1.41680 n
e	0.9884	1.008
	Beweg. direkt	Beweg. direkt
	Umlaufszeit 41.33 Jahre.	

Hypothese I ergibt also eine äußerst langgestreckte Ellipse, deren Halbachsen 11.95 resp. 1.82 Erdbahnhalbmesser betragen. Ihre große Achse reicht weit über die Uranusbahn hinaus und erstreckt sich bis in die Mitte der zwischen Uranus- und Neptunbahn gelegenen Gegend. Die Exzentrizitäten

weichen für beide Hypothesen nur wenig von 1 ab; die berechnete Ellipse und Hyperbel kommen daher einer Parabel sehr nahe, und man wird wohl nicht fehl gehen, wenn man die Bewegung des Meteors als eine in einer Parabel verlaufene annimmt."

Fixsterne.

Bestimmung von Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen am Yerkesrefraktor. Die großen Erfolge, welche Prof. Ritchey bei photographischen Aufnahmen astronomischer Objekte am 40-zölligen Yerkesrefraktor erzielte, indem er eine mit Kollodium bestrichene planparallele Glasplatte (Farbenschirm) unmittelbar vor der lichtempfindlichen Schicht der Kramerschen isochromatischen Momentplatten anbrachte und den Plattenträger im Gesichtsfelde des Fernrohres so verschob, daß die Bilder während des Exponierens unverändert auf derselben Stelle verharrten, haben Frank Schlesinger veranlaßt, nach derselben Methode und an dem nämlichen Instrumente Aufnahmen von Fixsternen zu machen, zu dem Zwecke, deren Parallaxen zu ermitteln.[1]) Es stellte sich dabei gleich anfangs heraus, daß zu diesem Zwecke die Anwendung des Farbenschirmes nicht erforderlich ist, indem auch ohne diesen die Bilder der Fixsterne im Brennpunkte der sichtbaren Strahlen des Objektivs scharf genug waren. Dies ist ein nicht geringer Vorteil, denn die Zwischenstellung eines farbigen Schirmes muß immerhin gewisse Fehlerquellen in der Bildzeichnung auf der Platte hervorrufen, die, wenn sie auch sehr klein sind, doch bei Ermittlung von Sternparallaxen merkbar ins Gewicht fallen könnten. Bei Exponierung von fünf Minuten Dauer unter den besten atmosphärischen Verhältnissen sind die schwächsten Sterne, die auf der Platte gemessen werden können, 10.5 Größe mit einem Durchmesser von 0.07 *mm*, welchem am Himmel ein Winkel von 0.75″ entspricht. Die Sterne 9.2 Größe messen 0.20 *mm* entsprechend 2.1″ im Bogenmaße, und diejenigen 8. Größe messen 0.38 *mm* oder 4.0″ im scheinbaren Durchmesser. Für genauere Messungen auf den Platten waren die Sterne 9.2 Größe am geeignetsten. Die eingehende Untersuchung der verschiedenen Platten zeigte, daß der wahrscheinliche zufällige Fehler einer Sternposition etwa ± 0.03″ beträgt, die Genauigkeit dieser photographischen Bestimmungen ist also größer als die der besten unmittelbaren Messungen am Himmel. Aber auch der Einfluß der sogenannten systematischen Fehler, welche bei Aufnahmen weit vom Meridiane und infolge der Dispersion des Lichtes in der Atmosphäre merklich werden, ist durch die Art und Weise der Aufnahmen als unmerklich anzusehen. Die solcherart auf ihre Parallaxen untersuchten Sterne sind folgende:

---

[1]) Astrophys. Journ. 1904. **20**. Nr. 2. p. 123.

K r u e g e r 60 (AR = 22^h 24^m D = + 57° 10′). Dieser Stern, bei dem Prof. Barnard eine merkliche Parallaxe vermutete, ist ein Doppelstern 9.1 und 11.0 Größe von 3″ Distanz und rascher Bewegung des Begleiters um den Hauptstern. Außerdem hat dieses ganze Doppelsternsystem eine Eigenbewegung am Himmel von fast 1″ pro Jahr, was auf größere Nähe deutet. In der Tat ergab sich aus den Messungen auf der Platte eine Parallaxe von nahezu 0.28″.

F e d o r e n k o 1457 (AR = 9^h 7^m D = + 53° 7′). Dies ist eine Doppelstern, dessen Komponenten 8. Größe sind. Die Messungen auf vier Platten lieferten als Wert der Parallaxe im Mittel 0.223″. Früher hat Dr. Peter am Leipziger Heliometer durch direkte Messungen diese Parallaxe zu 0.18″ bestimmt.

S t r u v e 2398 (AR = 18^h 41^m D = + 59° 29′). Ein Doppelstern 8.5 und 9.3 Größe von 17″ Distanz, mit starker Eigenbewegung am Himmel (2.3″ pro Jahr). Die Messungen der Platten ergaben im Mittel als Parallaxe des Systems 0.29″, in guter Übereinstimmung mit den Werten von 0.32″. und 0.35″, welche Flint und Lamp durch direkte Messungen erhalten haben.

Untersuchungen über Sternparallaxen auf Grund von photographischen Aufnahmen auf der Sternwarte Cambridge (England) sind von Arthur R. Hinks und Henry Norris Russell begonnen worden.[1]) Dieselben geben einen allgemeinen Bericht über dieses Unternehmen, für welches die photographischen Aufnahmen 1903 begonnen wurden. Bei der Aufnahme sind sie von dem Vorschlage des Prof. Kapteyn, sämtliche Aufnahmen während der sukzessiven Epochen auf eine und dieselbe Platte zu kumulieren, abgewichen, vielmehr wurde jede Platte für jede Epoche separat exponiert und sogleich entwickelt. Es wurde beabsichtigt, zwei oder drei Platten für jede Epoche zu exponieren, doch kam es gelegentlich vor, daß nur eine einzige Platte erhalten werden konnte. Alle Sterne, heller als 6. Größe, wurden mit Vorsetzung eines farbigen Schirmes photographiert. Alle Aufnahmen geschahen nahe beim Meridiane und die größte Sorgfalt wurde darauf verwendet, systematische Fehler sowohl bei den Aufnahmen als bei den Messungen zu vermeiden. Die berechneten Parallaxen sind für jeden Stern die Differenz zwischen seiner wirklichen Parallaxe und dem Mittel der Parallaxen der Vergleichssterne. Dieses letztere ist bei den gewählten Vergleichssternen keinesfalls größer als 0.01″ anzunehmen. Von großer Bedeutung ist die Auswahl geeigneter Sterne zur Messung der Parallaxen. Die genannten Astronomen haben folgendes Verzeichnis von Sternen zusammengestellt, bei denen die Bestimmung der Größe ihrer Parallaxen einigermaßen wahrscheinlich ist.

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 775.

Name	Position 1900.0 α h	m	δ °	'	Größe	Sp.Typus D.C.	Eigenbewegung im größtenKreise "
β Cassiopeiae	0	3.8	+ 58	36	2.42	F.	0.55
Groombridge 34	0	12.6	+ 43	27	7.9		2.80
η Cassiopeiae	0	42.9	+ 57	18	3.64	F.	1.20
Mayer 20	0	43.1	+ 4	46	5.7	H.?	1.37
μ Cassiopeiae	1	1.6	+ 54	26	5.21	H.	3.75
θ Cassiopeiae	1	5.0	+ 54	37	5	A.	0.22
o Ceti	2	14.3	— 3	26	Var.	M.	0.24
ρ Persei	2	58.8	+ 38	27	Var.	M.	0.18
β Persei	3	1.7	+ 40	34	Var.	A.	0.03
Lalande 6888, 9	3	40.2	+ 41	9	9; 9.5		1.38
λ Tauri	3	55.1	+ 12	12	Var.	B.	0.02
Lalande 7443	3	56.5	+ 35	2	8.5		2.19
„ 9012	4	44.4	+ 45	41	7.5	A.	0.68
η Geminorum	6	8.8	+ 22	32	Var.	M.	0.07
ζ Geminorum	6	58.2	+ 20	43	Var.	H.?	0.02
α Geminorum	7	28.2	+ 32	6	1.56	A.	0.21
ε Hydrae	8	41.5	+ 6	47	3.5	F.	0.21
ι Ursae Maj.	8	52.4	+ 48	56	3.17	A.	0.50
10 Ursae Maj.	8	54.2	+ 42	11	4.19	F.	0.51
Groombridge 1646	10	21.9	+ 49	19	6.5	A.?	0.84
Lalande 21185	10	51.9	+ 36	38	6.8		4.77
„ 21258	11	0.5	+ 44	2	8.5		4.40
ξ Ursae Maj.	11	12.9	+ 32	6	4; 5	G.	0.74
A. Oe. 11677	11	14.8	+ 66	23	9.0		3.04
83_1 83_2 Leonis	11	21.7	+ 3	33	6.5 7	I.	0.75 0.68
β Leonis	11	44.0	+ 15	8	2.07	A.	0.54
Groombridge 1830	11	47.2	+ 38	26	6.5	A.?	7.05
Lalande 22901	12	7.8	+ 10	36	7.5		0.44
„ 22908	12	8.2	+ 11	24	7.5		0.59
„ 22914	12	8.4	+ 10	36	7		0.30
γ Virginis	12	36.6	— 0	54	3.0; 3.2	F.	0.58
δ Virginis	12	50.6	+ 3	56	3	M.	0.51
Lalande 25334	13	34.7	+ 11	15	5.6	A.	
A. G. Berlin A. 4999	13	40.2	+ 18	20	9.2		2.0
Lalande 25372	13	40.7	+ 15	20	8.5		2.32
ξ Bootis	14	46.8	+ 19	31	4.5; 6.5	G.	0.16
A. Oe. 14318	15	4.7	— 15	59	9.3		3.74
„ 14320	15	4.7	— 15	54	9.2		3.74
Lalande 27742 }	15	8.3	+ 19	39	7.5		0.67
„ 27743 }	$\Delta\alpha + 0.31^s$		$\Delta\delta + 23.3''$		8.0		0.62
OΣ 298	15	32.4	+ 40	9	7; 7.4		0.50
$Weiße_2$ 720	15	32.5	+ 40	8	7		0.50
Lalande 29381	16	1.5	+ 39	26	7		0.56
„ 29439	16	2.9	+ 38	55	8.5		0.60
ζ Herculis	16	37.6	+ 31	47	3	G.	0.61
η Herculis	16	39.5	+ 39	7	3.69	K.?	0.08
W. B. XVII. 322	17	20.8	+ 2	14	8.0		1.36
μ_1 Herculis	17	42.6	+ 27	47	4.0	I.?	0.81
Σ 2398	18	41.7	+ 59	29	8.2		2.27
München I. 18180	18	53.1	+ 5	48	9		1.26
6 Cygni	19	9.5	+ 49	40	6.6	H.	0.64
B.D. + 30° 3639	19	30.9	+ 30	18	9		
Lalande 37647	19	41.8	+ 33	22	8.5		0.47

Name	Position 1900.0 α		δ		Größe	Sp. Typus D.C.	Eigenbewegung im größten Kreise
	h	m	°	′			″
Lalande 37686	19	42.6	+ 33	34	5.5		0.47
61 Cygni	21	2.4	+ 38	15	5.11	H.	5.16
δ Equulei	21	9.6	+ 9	37	4.5	F.	0.30
τ Cygni	21	10.8	+ 37	36	4; 10	F.	0.48
Lalande 43492	22	12.3	+ 12	24	7	A.?	0.83
Kr. 60	22	24.5	+ 57	12	9; 11		0.95
δ Cephei	22	25.5	+ 57	54	Var.	F.?	0.01
β Pegasi	22	58.9	+ 27	32	Var.	M.?	0.22
Lalande 45755	23	16.8	+ 48	33	7.5	A.	0.68
λ Andromedae	23	32.7	+ 45	55	4	K.	0.45
Lalande 46650	23	44.0	+ 1	52	8.7		1.4

Die Parallaxen der Sterne Lalande 21185 und γ Virginis nach photographischen Aufnahmen am Cambridger Observatorium sind von Georg Norris Russell bestimmt worden.[1]) Es sind die ersten Ergebnisse der großen Untersuchung, die auf Kosten der Carnegie-Institution von Arthur Hinks und Norris Russell zur Bestimmung von Sternparallaxen aus photographischen Aufnahmen des genannten Observatoriums, unternommen werden (vergl. den vorhergehenden Art.). Lalande 21185 (RA 10^h 57.9^m D + 36° 37′ für 1900.0) Größe 7.3, hat eine Eigenbewegung im größten Kreise von 4.77″. Frühere Untersuchungen haben bereits wahrscheinlich gemacht, daß dieser Stern einer der nächsten für uns ist, doch weichen die Ergebnisse so voneinander ab, daß eine neue Bestimmung der Parallaxe wünschenswert war. Dieselbe gründet sich auf acht Platten, und bei den Ausmessungen wurden neun Sterne 6.8 bis 9.1 Größe mit dem Sterne Lalande 21185 verglichen. Das Endergebnis lautet für dessen Parallaxe $\pi = 0.344'' \pm 0.013''$. Die Parallaxe ergibt sich also nicht unwesentlich kleiner als Winnecke (1857 — 1858) und Kapteyn (1885—1887) gefunden. Aus obiger Parallaxe und der scheinbaren Helligkeit ergibt sich, daß der Stern nur $^1/_{60}$ der absoluten Leuchtkraft unserer Sonne besitzt.

γ Virginis (RA 12^h 36.3^m D — 0° 55′ für 1900.0) Doppelstern, beide Komponenten zusammen 2.9 Größe, Eigenbewegung 0.57″. Es wurden im ganzen acht Aufnahmen zu drei Epochen gemacht und sechs Vergleichssterne benutzt. Die Untersuchung wurde für jede der beiden Komponenten separat ausgeführt und ergab gut übereinstimmende Werte, als wahrscheinlicher Mittelwert wird zuletzt angenommen $\pi = 0.074'' \pm 0.022''$. Von frühern Versuchen, die Parallaxe dieses Sternes zu bestimmen, ist nur ein solcher von Belopolsky bekannt, begründet auf spektroskopische Beobachtungen. Er fand[2]) die relative Geschwindigkeit der beiden Komponenten zu 0.278 ± 0.1 geogr. Meilen in der Sekunde. Hieraus folgt, unter

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 787.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3510.

Annahme von Dobercks Bahnelementen dieses Doppelsternes, dessen Parallaxe zu 0,051″. Die Übereinstimmung dieses mit dem oben ermittelten Werte ist in Anbetracht der Kleinheit der Parallaxe sehr gut.

Die obige Parallaxe ergibt zusammen mit der scheinbaren Helligkeit der beiden Komponenten von γ Virginis, daß jede derselben neunmal so viel Licht aussendet als die Sonne. Die Geschwindigkeit des Systems im Raume beträgt etwa 40 *km* in der Sekunde. Unter Annahme von Dr. Sees Elementensystem dieses Doppelsternes ergibt sich, daß die große Achse der Bahn 50, die Distanz im Periastrum 5, im Apastrum 95 Erdbahnhalbmesser beträgt. Die Masse des Systems ist = 3.3 Sonnenmassen, und da beide Sterne nach Auwers und Lewis nahe gleiche Masse besitzen, so übertrifft jeder derselben die Sonne an Masse 1.6 mal, dagegen an Licht neunfach. Diese Sterne müssen daher entweder weniger dicht sein als die Sonne oder eine größere Oberflächenhelligkeit als diese besitzen, was mit der Tatsache übereinstimmt, daß ihr Spektrum zum 1. Typus gehört.

Über die relative Helligkeit von Fixsternen im Vergleiche zur Sonne hat J. E. Gore einige Rechnungen ausgeführt.[1]) Die Unterlagen dieser Rechnungen beruhen auf den gemessenen Parallaxen dieser Sterne, auf ihren photometrisch bestimmten Helligkeiten und auf einer Annahme über die Helligkeit der Sonne in Sterngrößen. Von diesen Voraussetzungen ist nur diejenige über die photometrische Größe der Sterne ziemlich sicher, die beiden andern sind unsicher. Die von Gore gegebene Tabelle ist indessen immerhin belehrend. Sie folgt nachstehend. In den Kolumnen bezeichnet 1 den Namen des Sternes, 2 dessen Rektaszension, 3 die Deklination (beide für 1900.0), 4 die photographische Helligkeit, 5 die als sicher angenommene Parallaxe, 6 die Helligkeit der Sonne in der Entfernung des betreffenden Sternes, 7 die Helligkeit des Sternes im Verhältnisse zur Helligkeit der Sonne.

1	2	3	4	5	6	7	Bemerkungen
	h m	° ′		″			
β Cassiopeiae . . .	0 3.8	+58 36	2.42	0.10*	5.07	11.49	
Groombridge 34 . .	0 12.7	+43 27	(7.9)	0.30	2.68	0.008	Eigenbewegung = 2.80″
ζ Tucanae	0 14.9	—65 28	4.34	0.15*	4.19	0.87	
β Hydri	0 20.5	—77 49	2.90	0.134*	4.43	4.09	Eigenbewegung = 2.28″
η Cassiopeiae . . .	0 43.1	+57 17	3.64	0.154*	4.13	1.57	Masse = 1.6222 × Sonnenmasse
μ Cassiopeiae	1 1.2	+54 27	5.34	0.11	4.84	0.63	Eigenbewegung = 3 75″

[1]) Monthly Notices 1905. **65.** Nr. 3. p. 264.

1	2	3	4	5	6	7	Bemerkungen
	h m	° ′		″			
Polaris	1 18.5	+88 43	2.12	0.074	5.72	27.55	
α Eridani	1 34.0	—57 44	0.60	0.043	6.90	331.18	
τ Ceti	1 39.4	—16 28	3.65	0.31*	2.61	0.38	
e Eridani	3 15.9	—43 27	4.30	0.16	4.05	0.79	
o_2 Eridani	4 10.7	— 7 49	4.48	0.166*	3.97	0.62	Eigenbewegung = 4.05″
Aldebaran	4 30.2	+16 18	1.06	0.107*	4.92	35.00	
Cordoba, Z. V. 243	5 7.7	—44 59	(8.5)	0.312*	2.60	0.004	Eigenbewegung = 8.70″
Capella	5 9.3	+45 54	0.21	0.081*	5.48	128.23	Masse = 12.7 × Sonnenmasse
Sirius	6 40.8	—16 35	—1.58	0.37*	2.23	33.42	Masse = 3.5465 × Sonnenmasse
Procyon	7 34.1	+ 5 29	0.48	0.325*	2.51	6.49	Masse = 3.627 × Sonnenmasse
Ll 2957	7 41.9	—33 59	5.42	0.064	6.04	1.75	
10 Ursae Maj.	8 54.2	+42 11	4.09	0.20	3.56	0.61	
Ll 18115	9 7.7	+53 7	(7.5)	0.14	4.34	0.054	
α Leonis	10 3	+12 27	1.34	0.022	8.36	642.7	
A. Oe. 10603	10 5.3	+49 58	6.76	0.18	3.79	0.064	
Groombridge 1646	10 21.9	+49 21	6.54	0.11	4.86	0.21	
Ll 21185	10 57.9	+36 38	7.60	0.47	1.71	0.004	Eigenbewegung = 4.75″
Ll 21258	11 0.5	+44 2	(8.5)	0.24	3.17	0.007	Eigenbewegung = 4.40″
Groombridge 1830	11 47.2	+38 26	6.47	0.15*	4.19	0.122	Eigenbewegung = 7.05″
Ll 22954	12 10.0	— 9 43	6.05	0.14	4.34	0.207	
α Crucis	12 21	—62 32	1.05	0.05	6.57	165.96	
β Centauri	13 56.8	—59 53	0.86	0.046	6.75	226.99	
Arcturus	14 11.1	+19 42	0.24	0.024	8.17	1486	
α Centauri	14 32.8	—60 25	0.06	0.75*	0.69	1.786	Masse = 2.00 × Sonnenmasse
Antares	16 23.3	—26 13	1.22	0.021	8.46	787.04	
ν^1 Draconis	17 30.2	+55 15	4.2	0.32	2.54	0.216	
A. Oe. 17415	17 37.0	+68 26	(9.0)	0.25	3.08	0.004	
70 Ophiuchi	18 0.4	+ 2 31	4.07	0.16*	4.05	0.98	Masse = 2.939 × Sonnenmasse
α Lyrae	18 33.6	+38 41	0.14	0.082	5.50	139.32	
α Aquilae	19 45.9	+ 8 36	0.89	0.231*	3.25	87.91	
61 Cygni	21 2.1	+38 13	4.96	0.39*	2.11	0.07	Eigenbewegung = 5.16″
δ Equulei	21 9.6	+ 9 36	4.61	0.071*	5.81	3.02	Masse = 1.89 × Sonnenparallaxe
ε Indi	21 55.7	—57 12	4.74	0.28*	2.83	0.17	
α Gruis	22 1.9	—47 27	2.16	0.015	9.19	648.63	
Fomalhaut	22 52.1	—30 9	1.30	0.130	4.50	18.88	
Lacaille 9352	22 59.4	—36 26	7.1	0.29	2.78	0.018	Eigenbewegung = 7.0″

Die Spektra der Sterne des IV. Secchischen Spektraltypus. In diese Spektralklasse gehören nur rote Sterne von geringer Helligkeit, denn der hellste darunter ist 5.3 Größe. Ihre spektroskopische Untersuchung ist demgemäß schwierig, denn sie erfordert ein sehr lichtstarkes Instrument. Der Yerkesrefraktor erschien daher hierzu besonders geeignet, und er wurde in der Tat von G. E. Hale, F. Ellermann und J. A. Parkhurst zu diesem Zwecke benutzt. Der Bericht hierüber liegt jetzt vor.[1])

Angewendet wurde meist ein Spektrograph mit drei Prismen aus schwerem Flintglasse, und als Vergleichsspektrum dienten die Funkenspektra des Eisens und Titans. Die Beobachtungen erstreckten sich auf die acht Sterne: 19 Piscium, 318 Birmingham und 74, 78, 115, 132, 152, 280 des Katalogs der roten Sterne von Schjellerup. Die Schlüsse, zu welchen die Beobachter durch ihre Untersuchung dieser Sternspektra kommen, sind kurz folgende:

1. Die Spektra dieses Sterntypus enthalten eine große Anzahl teils heller, teils dunkler Linien, sowie dunkle Banden im Violett.

2. Die radialen Geschwindigkeiten der untersuchten acht Sterne variieren zwischen + 5 und — 28 *km* in der Sekunde.

3. Die Messungen der Wellenlängen von 308 dunklen Spektrallinien ergaben die Anwesenheit von Kohlenstoff, Wasserstoff, Vanadium, Calcium, Magnesium, Natrium, Eisen, Chrom, Titan, Nickel, Mangan und vielleicht noch von ein paar andern Elementen in den glühenden Atmosphären dieser Sterne.

4. Kohlenstoff und die metallischen Dämpfe befinden sich dort in sehr dichtem Zustande, wahrscheinlich unmittelbar über der Photosphäre.

5. Über den dichten Dämpfen der umkehrenden Schicht dieser Photosphären befinden sich andere Gase oder Dämpfe, welche im Spektrum durch helle Linien repräsentiert werden, so daß die Verhältnisse ähnlich wie auf unserer Sonne sind.

6. Die hellen Linien, etwa 200 an der Zahl, scheinen unbekannten Gasen anzugehören, wenigstens konnte keine davon mit Sicherheit identifiziert werden. Einige derselben korrespondieren vielleicht mit solchen im Spektrum der Wolf-Rayetschen Sterne.

7. Die große Intensität der Linien wie z. B. der Kalziumlinie λ 4227, und der Umstand, daß die Linien des elektrischen Bogen- und Flammenspektrums stark erscheinen, während die des elektrischen Funkens schwächer sind, läßt vermuten, daß die Temperatur der umkehrenden Schicht auf diesen Sternen niedriger sein mag als auf der Sonne.

8. Die Tatsache, daß viele in den Sonnenflecken verstärkt auftretende Linien in den Spektren der in Rede stehenden Sterne sehr stark sind, führt zu dem Glauben, daß auf diesen Sternen

[1]) Publ. of the Yerkes Observatory 2. Chicago 1904.

des Typus IV, Flecken ähnlich den Sonnenflecken sehr zahlreich sein mögen.

9. Im Spektrum des Sternes 19 Piscium zeigen sich die Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ dunkel, während $H\beta$ fehlt. Im Spektrum von 280 Schjellerup und in einigen andern ist dagegen die Linie $H\beta$ hell. Hierdurch ähnelt das Spektrum der Sterne des IV. Typus demjenigen der Wolf-Rayetsterne, in welchem die brechbarsten Wasserstofflinien dunkel, die weniger brechbaren dagegen hell sind oder fehlen.

10. Die helle Linie $H\beta$ im Spektrum des Sternes 280 Schjellerup zeigt Veränderungen ihrer Helligkeit.

11. Ungefähr 20% aller Sterne des Typus IV sind veränderlich, und zwar scheint die Tendenz zur Veränderlichkeit hier viel größer zu sein als bei den Sternen des III. Secchischen Typus.

12. In der Milchstraße und in deren Umgebung finden sich die Sterne des IV. Typus am häufigsten.

13. Die Sterne des III. und IV. Typus sind einander ähnlich in bezug auf Färbung, Tendenz zur Veränderlichkeit, Spektrum, wahrscheinliches Vorhandensein von Flecken an ihrer Oberfläche, physische Beschaffenheit und wahrscheinlich auch im Verhältnisse zu den Sternen des Typus unserer Sonne. Unter dem Gesichtspunkte der Klassifizierung können sie als Abzweigungen vom Sonnentypus betrachtet werden.

14. Die Veränderungen der relativen Intensitäten gewisser Spektrallinien des Titans zeigen, daß die Sterne des IV. Typus in bezug auf ihre Entwicklung sich wahrscheinlich von den Wolf-Rayetschen Sternen unterscheiden.

15. Die Sterne dieses IV. Typus stammen wahrscheinlich von solchen ähnlich unserer Sonne, deren Temperatur indessen infolge ihrer Wärmeausstrahlung bereits gesunken ist.

Die Verteilung der Sternspektra. Auf der Harvardsternwarte wurde eine wichtige Arbeit über die Verteilung der Sterne der verschiedenen Spektralklassen mit Bezug auf die Milchstraße ausgeführt.[1]) Als Spektralklassen wurden diejenigen festgehalten, welche schon früher von der Harvardsternwarte adoptiert worden sind. Hiernach werden die Sterne des 1., 2. und 3. Spektraltypus in drei Klassen unterschieden, welche durch die Buchstaben A, G und M bezeichnet sind, Sterne des 1. Typus, in welchen die Linien des Heliums erscheinen (die Sterne des Oriontypus), fallen in die Klasse B, Sterne, deren Spektra zwischen dem 1. und 2. Typus rangieren, sind in Klasse F, und Sterne zwischen dem 2. und 3. Typus in Klasse K untergebracht. Es ergab sich zunächst die völlige Bestätigung des schon früher aus einer Untersuchung

[1]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **56**. Nr. I.

der Sterne des Draper Kataloges[1]) gefundenen Ergebnisses, daß die Milchstraße hauptsächlich aus Sternen des 1. Spektraltypus besteht. Die hierhin gehörigen Sterne kommen überall am Himmelsgewölbe vor, aber sie überwiegen längs einer Ebene, die durch den Lauf der Milchstraße bezeichnet wird. Die übrigen Sterne des 2. und 3. Spektraltypus sind im allgemeinen gleichmäßig über den Himmel verteilt und zeigen keinerlei Anhäufung gegen die Milchstraße hin. „Diese beiden Abteilungen von Fixsternen", sagt Prof. Pickering, „müssen also bei allen Diskussionen über den Bau des Universums getrennt voneinander behandelt werden, ebenso bei Untersuchungen über die Bewegung der Sonne im Raume, über Parallaxen usw. Das Verhältnis der Sterne des 1. Spektraltypus zur Gesamtzahl aller Sterne wächst, wenn man die schwächern Sterne mit einschließt, während bei den Sternen des Oriontypus das Entgegengesetzte stattzufinden scheint."

In einer zweiten Abhandlung [2]) werden die Sterne der Spektralklasse B, die sogen. Sterne des Oriontypus, sämtlich aufgeführt und ihre Verteilung am Himmel mit Bezug auf die Milchstraße untersucht. Das nachstehende Verzeichnis der sämtlichen bis jetzt bekannten Sterne dieses Typus, enthält zunächst die Rektaszension und Deklination derselben, dann die photographische Helligkeit in Sterngrößen, hierauf ihren speziellen Spektraltypus. Bezüglich des letztern ist folgendes zu bemerken: Die Spektra der Klasse B sind, je nachdem sie einen intermediären Charakter zwischen der Klasse B und der Klasse A zeigen, in zehn Grade unterschieden, so daß z. B. die Ziffer 5 anzeigt, daß das Spektrum gerade in der Mitte zwischen den beiden Klassen einzurangieren ist, 0 bezeichnet ein Spektrum, das genau der Klasse B entspricht, der Buchstabe R dagegen ein besonderes Aussehen des Spektrums.

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
0 8.1	+14 38	2.87	2	1 37.4	+50 11	4.19	R
0 26.2	+53 59	4.88	5	1 39.9	—76 10	8.0	0
0 27.0	—63 31	4.52	9	1 45.4	+54 39	5.49	0
0 27.3	+62 23	4.24	0	1 47.2	+63 11	3.44	3
0 30.5	+53 38	5.14	5	1 48.8	+61 53	7.8	0
0 31.4	+53 21	3.72	2	1 50.2	—43 0	5.00	9
0 38.8	+47 19	5.55	2	2 12.9	—51 59	3.78	8
0 39.2	+47 44	4.70	2	2 23.3	—48 9	4.44	5
0 44.3	+40 32	4.42	0	2 29.5	—28 40	4.95	9
0 50.8	+59 50	5.54	8	2 34.4	— 0 6	4.04	2
0 53.8	—29 54	4.39	5	2 38.1	—68 42	4.26	9
1 4.2	—55 47	4.13	8	2 44.1	+26 51	3.68	8
1 16.4	+43 4	6.62	0	2 46.0	+14 39	5.46	0
1 26.4	+34 18	6.28	0	2 53.7	+51 57	5.15	5
1 34.0	—57 45	0.60	5	2 53.8	+37 45	5.92	0

[1]) Annales **26**. p. 152.
[2]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **56**. Nr. II.

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
2 57.1	+ 3 58	5.63	5	4 39.3	— 8 41	5.87	0
3 1.7	+40 34	R	8	4 39.6	+ 0 23	7.28	0
3 5.5	+42 1	6.00	0	4 40.5	— 3 26	4.18	0
3 11.1	+43 40	5.38	0	4 45.9	+ 5 26	3.78	3
3 11.2	+65 17	4.76	R	4 47.8	+51 41	8.0	0
3 11.5	+49 51	5.30	3	4 49.0	+ 2 17	3.87	3
3 12.0	+49 43	5.08	3	4 49.7	+ 0 19	5.86	0
3 16.1	+48 51	5.30	5	4 56.6	— 7 20	4.81	0
3 18.8	+28 18	6.99	0	4 56.8	+ 1 28	6.21	5
3 20.9	+48 43	4.94	3	4 59.5	+41 6	3.28	3
3 21.0	+59 36	4.42	9	5 6.3	+46 52	7.6	0
3 21.7	+49 31	5.64	5	5 9.7	+34 12	5.81	0
3 21.7	+ 9 23	3.75	8	5 12.3	—17 15	6.48	0
3 21.8	+43 25	7.25	0	5 12.8	— 6 57	3.68	5
3 21.9	+58 32	4.76	9	5 14.8	+41 43	5.12	0
3 22.2	+49 10	4.67	3	5 15.0	—13 16	4.29	0
3 22.5	+46 37	6.20	0	5 16.1	+ 3 54	6.41	0
3 23.5	+47 46	6.04	8	5 16.4	— 0 31	5.65	0
3 25.8	+44 32	6.33	0	5 16.7	— 0 29	4.65	0
3 26.3	+35 6	5.80	0	5 17.6	+ 3 27	4.99	0
3 29.4	—21 58	4.32	8	5 17.7	—34 26	6.12	5
3 35.8	+47 28	3.10	5	5 18.6	— 0 15	5.64	0
3 36.0	+33 38	5.04	0	5 18.9	—14 1	5.17	0
3 38.0	+31 58	3.94	1	5 19.4	+ 2 16	6.32	0
3 38.3	—32 15	4.93	5	5 19.4	— 2 29	3.44	1
3 38.9	+23 59	5.43	5	5 19.6	+ 1 45	4.73	0
3 39.0	+23 48	3.81	5	5 19.8	+ 6 16	1.70	2
3 39.2	+24 32	5.63	8	5 20.0	+28 31	1.78	8
3 39.3	+24 10	4.37	5	5 20.3	+16 36	6.18	0
3 39.9	+24 94	4.02	5	5 20.7	+ 0 25	6.02	0
3 40.0	+24 15	5.85	8	5 21.3	+17 53	5.31	0
3 40.1	+24 13	6.46	8	5 21.6	+21 51	4.83	0
3 40.4	+32 0	6.51	0	5 21.6	+ 3 0	4.66	0
3 40.4	+23 39	4.25	5	5 21.9	+ 3 45	6.61	0
3 41.5	+33 18	6.36	0	5 22.0	— 2 26	6.56	0
3 41.5	+23 48	2.96	5	5 22.8	+ 1 14	6.37	0
3 42.5	+23 8	5.51	8	5 23.6	+ 1 34	7.9	0
3 43.8	+23 25	6.11	8	5 24.6	— 7 22	6.55	0
3 44.0	—36 24	6.25	8	5 24.7	+ 1 41	5.67	0
3 44.9	—37 55	4.35	8	5 25.4	+ 5 52	4.32	0
3 46.9	—36 43	6.79	9	5 25.5	— 7 32	6.24	0
3 47.9	+31 35	2.91	1	5 26.2	+32 7	4.88	1
3 49.5	—24 55	4.76	5	5 26.5	— 6 47	6.03	0
3 50.0	+34 47	5.48	3	5 26.9	— 0 22	2.46	0
3 51.1	+39 43	2.93	0	5 27.1	— 7 23	4.64	0
3 52.5	+35 30	4.05	5	5 27.7	+18 28	5.50	0
3 55.1	+12 12	R	3	5 27.7	— 1 40	5.30	0
3 58.5	+ 5 10	5.33	3	5 28.2	+14 15	5.58	3
4 14.1	—34 3	3.59	9	5 28.5	— 1 13	5.37	0
4 18.0	+24 5	6.16	0	5 28.7	+ 1 21	6.42	0
4 27.8	—45 10	5.16	3	5 29.0	— 1 6	6.18	0
4 30.1	—84 43	7.24	0	5 29.3	+23 58	5.28	0
4 31.3	— 3 33	4.12	2	5 29.3	+ 9 25	4.53	0
4 32.1	+ 0 48	5.32	0	5 29.3	— 2 57	7.8	0
4 36.2	+22 46	4.33	0	5 29.4	+ 5 36	6.71	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
5 29.6	+ 9 52	3.49	5	6 6.2	+16 9	4.92	0
5 29.6	+ 9 52			6 6.3	+14 14	4.35	2
5 29.6	− 4 33	8.0	0	6 7.0	− 6 31	5.09	2
5 29.7	− 4 28	8.0	0	6 7.6	+18 43	6.21	0
5 30.1	− 4 48	8.0	0	6 8.4	−54 56	4.84	1
5 30.1	− 6 5	4.67	1	6 9.3	−68 49	5.21	9
5 30.1	− 6 5	5.58	1	6 9.4	+13 53	5.81	0
5 30.2	− 5 16	8.3	R	6 9.6	− 4 32	5.76	0
5 30.4	− 4 29	6.28	0	6 10.5	+ 4 19	6.44	0
5 30.4	− 4 34	6.54	0	6 10.8	+23 46	6.26	5
5 30.4	− 4 54	4.65	3	6 11.7	−16 35	5.88	0
5 30.4	− 5 27	4.76	5	6 12.2	+29 49	6.86	0
5 30.5	− 4 26	6.29	5	6 13.9	−19 56	5.31	0
5 30.5	− 5 29	5.17	1	6 14.9	− 7 47	5.13	0
5 30.5	− 5 59	2.87	5	6 16.1	−34 22	5.83	8
5 30.6	− 3 19	6.33	0	6 16.5	−30 1	3.10	3
5 30.9	−15 48	6.67	0	6 17.0	−34 6	5.60	2
5 31.1	− 1 16	1.75	0	6 18.3	−17 54	1.99	1
5 31.1	− 4 29	7.12	0	6 23.0	− 4 42	4.98	0
5 31.3	− 5 43	6.45	3	6 24.0	− 6 58	3.94	0
5 31.8	− 6 8	5.62	3	6 24.0	− 6 58		
5 31.9	+ 8 53	6.09	3	6 24.4	−63 46	6.36	8
5 32.5	− 6 0	5.75	1	6 24.5	−32 31	4.48	5
5 32.9	− 4 52	6.32	1	6 24.9	−32 18	5.80	3
5 33.2	− 1 13	6.74	0	6 26.8	−27 42	5.81	0
5 33.7	− 2 39	3.78	0	6 27.6	−23 21	4.35	1
5 33.8	− 6 38	5.92	0	6 28.6	− 1 9	5.02	0
5 33.9	+ 4 4	4.54	0	6 28.9	−31 57	5.70	3
5 34.5	− 3 37	5.97	0	6 30.1	+ 0 58	5.69	0
5 35.1	+43 0	6.99	0	6 30.2	−61 48	6.34	5
5 35.5	+16 29	4.87	0	6 31.9	+39 59	5.28	0
5 35.7	− 2 0	1.91	0	6 32.5	−22 32	6.23	8
5 35.7	− 2 0			6 34.7	−43 6	3.18	8
5 35.7	− 2 53	6.07	0	6 35.5	+ 9 59	4.59	5
5 35.8	− 1 11	5.00	3	6 38.1	−47 34	6.47	0
5 37.1	+ 2 21	6.61	0	6 38.3	+ 4 2	5.78	0
5 37.2	+23 10	6.06	0	6 40.7	−30 58	5.16	0
5 42.4	+20 50	5.94	0	6 41.1	+ 8 41	5.84	0
5 43.0	− 9 42	2.20	0	6 41.8	−30 51	5.91	0
5 46.6	− 7 33	5.32	0	6 43.9	+ 1 6	6.06	0
5 49.1	+19 44	5.89	2	6 46.1	−32 24	3.78	0
5 49.5	−33 50	4.89	5	6 46.6	−31 36	5.63	0
5 49.6	− 4 5	6.35	0	6 49.2	−20 6	4.66	1
5 50.0	−66 56	5.15	5	6 51.6	−22 49	5.26	3
5 52.2	−49 39	6.16	0	6 52.1	−31 40	6.42	0
5 54.0	−35 18	4.36	3	6 52.6	−70 50	5.52	8
5 57.1	−10 36	4.97	0	6 53.0	−22 4	6.37	0
5 57.6	+19 41	5.17	8	6 53.1	+54 59	6.82	0
5 58.0	+20 8	4.71	2	6 53.7	−27 24	6.09	0
5 59.4	− 6 42	5.12	R	6 54.1	−27 2	6.19	3
6 0.6	−32 10	5.64	0	6 54.5	−25 17	5.66	0
6 1.6	− 4 11	5.37	0	6 54.7	−28 50	1.63	1
6 1.9	+14 47	4.40	2	6 54.7	−33 59	5.07	5
6 2.2	−11 10	6.38	0	6 54.9	−30 52	6.38	0
6 3.5	−34 18	5.93	5	6 55.4	−21 28	6.25	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
2 57.1	+ 3 58	5.63	5	4 39.3	− 8 41	5.87	0
3 1.7	+40 34	R	8	4 39.6	+ 0 23	7.28	0
3 5.5	+42 1	6.00	0	4 40.5	− 3 26	4.18	0
3 11.1	+43 40	5.38	0	4 45.9	+ 5 26	3.78	3
3 11.2	+65 17	4.76	R	4 47.8	+51 41	8.0	0
3 11.5	+49 51	5.30	3	4 49.0	+ 2 17	3.87	3
3 12.0	+49 43	5.08	3	4 49.7	+ 0 19	5.86	0
3 16.1	+48 51	5.30	5	4 56.6	− 7 20	4.81	0
3 18.8	+28 18	6.99	0	4 56.8	+ 1 28	6.21	5
3 20.9	+48 43	4.94	3	4 59.5	+41 6	3.28	3
3 21.0	+59 36	4.42	9	5 6.3	+46 52	7.6	0
3 21.7	+49 31	5.64	5	5 9.7	+34 12	5.81	0
3 21.7	+ 9 23	3.75	8	5 12.3	−17 15	6.48	0
3 21.8	+43 25	7.25	0	5 12.8	− 6 57	3.68	5
3 21.9	+58 32	4.76	9	5 14.8	+41 43	5.12	0
3 22.2	+49 10	4.67	3	5 15.0	−13 16	4.29	0
3 22.5	+46 37	6.20	0	5 16.1	+ 3 54	6.41	0
3 23.5	+47 46	6.04	8	5 16.4	− 0 31	5.65	0
3 25.8	+44 32	6.33	0	5 16.7	− 0 29	4.65	0
3 26.3	+35 6	5.80	0	5 17.6	+ 3 27	4.99	0
3 29.4	−21 58	4.32	8	5 17.7	−34 26	6.12	5
3 35.8	+47 28	3.10	5	5 18.6	− 0 15	5.64	0
3 36.0	+33 38	5.04	0	5 18.9	−14 1	5.17	0
3 38.0	+31 58	3.94	1	5 19.4	+ 2 16	6.32	0
3 38.3	−32 15	4.93	5	5 19.4	− 2 29	3.44	1
3 38.9	+23 59	5.43	5	5 19.6	+ 1 45	4.73	0
3 39.0	+23 48	3.81	5	5 19.8	+ 6 16	1.70	2
3 39.2	+24 32	5.63	8	5 20.0	+28 31	1.78	8
3 39.3	+24 10	4.37	5	5 20.3	+16 36	6.18	0
3 39.9	+24 94	4.02	5	5 20.7	+ 0 25	6.02	0
3 40.0	+24 15	5.85	8	5 21.3	+17 53	5.31	0
3 40.1	+24 13	6.46	8	5 21.6	+21 51	4.83	0
3 40.4	+32 0	6.51	0	5 21.6	+ 3 0	4.66	0
3 40.4	+23 39	4.25	5	5 21.9	+ 3 45	6.61	0
3 41.5	+33 18	6.36	0	5 22.0	− 2 26	6.56	0
3 41.5	+23 48	2.96	5	5 22.8	+ 1 14	6.37	0
3 42.5	+23 8	5.51	8	5 23.6	+ 1 34	7.9	0
3 43.8	+23 25	6.11	8	5 24.6	− 7 22	6.55	0
3 44.0	−36 24	6.25	8	5 24.7	+ 1 41	5.67	0
3 44.9	−37 55	4.35	8	5 25.4	+ 5 52	4.32	0
3 46.9	−36 43	6.79	9	5 25.5	− 7 32	6.24	0
3 47.9	+31 35	2.91	1	5 26.2	+32 7	4.88	1
3 49.5	−24 55	4.76	5	5 26.5	− 6 47	6.03	0
3 50.0	+34 47	5.48	3	5 26.9	− 0 22	2.46	0
3 51.1	+39 43	2.93	0	5 27.1	− 7 23	4.64	0
3 52.5	+35 30	4.05	5	5 27.7	+18 28	5.50	0
3 55.1	+12 12	R	3	5 27.7	− 1 40	5.30	0
3 58.5	+ 5 10	5.33	3	5 28.2	+14 15	5.58	3
4 14.1	−34 3	3.59	9	5 28.5	− 1 13	5.37	0
4 18.0	+24 5	6.16	0	5 28.7	+ 1 21	6.42	0
4 27.8	−45 10	5.16	3	5 29.0	− 1 6	6.18	0
4 30.1	−84 43	7.24	0	5 29.3	+23 58	5.28	0
4 31.3	− 3 33	4.12	2	5 29.3	+ 9 25	4.53	0
4 32.1	+ 0 48	5.32	0	5 29.3	− 2 57	7.8	0
4 36.2	+22 46	4.33	0	5 29.4	+ 5 36	6.71	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
5 29.6	+ 9 52	3.49	5	6 6.2	+16 9	4.92	0
5 29.6	+ 9 52			6 6.3	+14 14	4.35	2
5 29.6	— 4 33	8.0	0	6 7.0	— 6 31	5.09	2
5 29.7	— 4 28	8.0	0	6 7.6	+18 43	6.21	0
5 30.1	— 4 48	8.0	0	6 8.4	—54 56	4.84	1
5 30.1	— 6 5	4.67	1	6 9.3	—68 49	5.21	9
5 30.1	— 6 5	5.58	1	6 9.4	+13 53	5.81	0
5 30.2	— 5 16	8.3	R	6 9.6	— 4 32	5.76	0
5 30.4	— 4 29	6.28	0	6 10.5	+ 4 19	6.44	0
5 30.4	— 4 34	6.54	0	6 10.8	+23 46	6.26	5
5 30.4	— 4 54	4.65	3	6 11.7	—16 35	5.88	0
5 30.4	— 5 27	4.76	5	6 12.2	+29 49	6.86	0
5 30.5	— 4 26	6.29	5	6 13.9	—19 56	5.31	0
5 30.5	— 5 29	5.17	1	6 14.9	— 7 47	5.13	0
5 30.5	— 5 59	2.87	5	6 16.1	—34 22	5.83	8
5 30.6	— 3 19	6.33	0	6 16.5	—30 1	3.10	3
5 30.9	—15 48	6.67	0	6 17.0	—34 6	5.60	2
5 31.1	— 1 16	1.75	0	6 18.3	—17 54	1.99	1
5 31.1	— 4 29	7.12	0	6 23.0	— 4 42	4.98	0
5 31.3	— 5 43	6.45	3	6 24.0	— 6 58	3.94	0
5 31.8	— 6 8	5.62	3	6 24.0	— 6 58		
5 31.9	+ 8 53	6.09	3	6 24.4	—63 46	6.36	8
5 32.5	— 6 0	5.75	1	6 24.5	—32 31	4.48	5
5 32.9	— 4 52	6.32	1	6 24.9	—32 18	5.80	3
5 33.2	— 1 13	6.74	0	6 26.8	—27 42	5.81	0
5 33.7	— 2 39	3.78	0	6 27.6	—23 21	4.35	1
5 33.8	— 6 38	5.92	0	6 28.6	— 1 9	5.02	0
5 33.9	+ 4 4	4.54	0	6 28.9	—31 57	5.70	3
5 34.5	— 3 37	5.97	0	6 30.1	+ 0 58	5.69	0
5 35.1	+43 0	6.99	0	6 30.2	—61 48	6.34	5
5 35.5	+16 29	4.87	0	6 31.9	+39 59	5.28	0
5 35.7	— 2 0	1.91	0	6 32.5	—22 32	6.23	8
5 35.7	— 2 0			6 34.7	—43 6	3.18	8
5 35.7	— 2 53	6.07	0	6 35.5	+ 9 59	4.59	5
5 35.8	— 1 11	5.00	3	6 38.1	—47 34	6.47	0
5 37.1	+ 2 21	6.61	0	6 38.3	+ 4 2	5.78	0
5 37.2	+23 10	6.06	0	6 40.7	—30 58	5.16	0
5 42.4	+20 50	5.94	0	6 41.1	+ 8 41	5.84	0
5 43.0	— 9 42	2.20	0	6 41.8	—30 51	5.91	0
5 46.6	— 7 33	5.32	0	6 43.9	+ 1 6	6.06	0
5 49.1	+19 44	5.89	2	6 46.1	—32 24	3.78	0
5 49.5	—33 50	4.89	5	6 46.6	—31 36	5.63	0
5 49.6	— 4 5	6.35	0	6 49.2	—20 6	4.66	1
5 50.0	—66 56	5.15	5	6 51.6	—22 49	5.26	3
5 52.2	—49 39	6.16	0	6 52.1	—31 40	6.42	0
5 54.0	—35 18	4.36	3	6 52.6	—70 50	5.52	8
5 57.1	—10 36	4.97	0	6 53.0	—22 4	6.37	0
5 57.6	+19 41	5.17	8	6 53.1	+54 59	6.82	0
5 58.0	+20 8	4.71	2	6 53.7	—27 24	6.09	0
5 59.4	— 6 42	5.12	R	6 54.1	—27 2	6.19	3
6 0.6	—32 10	5.64	0	6 54.5	—25 17	5.66	0
6 1.6	— 4 11	5.37	0	6 54.7	—28 50	1.63	1
6 1.9	+14 47	4.40	2	6 54.7	—33 59	5.07	5
6 2.2	—11 10	6.38	0	6 54.9	—30 52	6.38	0
6 3.5	—34 18	5.93	5	6 55.4	—21 28	6.25	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
6 56.1	−21 59	6.33	8	7 37.8	−38 18	5.48	8
6 57.0	−25 4	5.80	0	7 40.2	−37 58	6.44	5
6 57.5	−27 5	6.66	0	7 40.4	−24 26	5.53	3
6 58.8	−23 41	3.12	0	7 40.4	−58 24	6.44	0
6 59.2	−15 29	4.07	5	7 41.0	−37 43	5.86	8
6 59.6	−24 56	6.82	0	7 41.5	−37 39	6.45	3
7 1.1	−52 16	6.62	0	7 42.6	−37 42	5.86	3
7 2.2	−30 30	6.38	8	7 42.9	−22 17	5.84	0
7 2.9	−26 30	6.38	5	7 43.4	−19 44	8.2	0
7 4.6	−23 53	6.47	3	7 43.7	−41 16	6.97	0
7 5.5	−39 29	4.85	3	7 43.9	−38 16	5.11	3
7 5.6	−25 4	5.76	0	7 44.5	−46 22	5.26	2
7 8.1	−25 46	5.86	3	7 45.9	−40 27	6.60	0
7 8.1	−27 10	6.68	0	7 46.2	−46 8	4.25	0
7 9.6	−22 44	6.24	3	7 46.3	−46 37	5.98	2
7 9.6	−27 11	5.86	3	7 48.0	−42 51	6.38	2
7 10.0	−30 54	6.53	0	7 48.4	−42 38	6.16	2
7 10.1	−30 10	6.31	5	7 49.1	−38 36	4.53	3
7 10.2	−26 10	4.66	0	7 50.2	−49 21	4.83	3
7 10.7	−26 35	3.83	R	7 50.3	−47 51	4.32	1
7 11.5	−30 30	5.31	5	7 50.5	−35 37	5.41	8
7 11.9	−48 6	4.88	8	7 51.7	+43 47	7.04	0
7 13.3	−36 25	5.01	3	7 52.5	−43 35	6.04	2
7 13.7	−26 37	6.34	5	7 53.0	−40 28	6.32	0
7 14.5	−24 47	4.40	5	7 53.7	−43 14	5.42	5
7 15.1	−36 34	5.11	3	7 54.1	−43 50	5.10	0
7 15.5	+ 3 46	6.84	0	7 54.2	−52 43	3.60	3
7 16.7	−22 40	6.45	8	7 54.3	−47 37	6.08	5
7 16.8	−26 47	5.84	3	7 55.7	− 2 36	6.19	0
7 17.2	− 8 48	6.17	0	7 55.9	−44 57	6.02	8
7 17.8	−18 50	4.87	0	7 55.9	−63 2	6.09	8
7 18.2	−51 54	5.50	0	7 56.4	−49 42	5.78	3
7 18.8	+15 43	6.37	0	7 56.4	−49 42		
7 19.2	−31 44	5.43	0	7 57.2	−60 33	5.88	3
7 19.8	−32 1	5.47	0	7 57.8	+33 19	6.61	0
7 20.0	−30 2	6.59	0	7 57.9	−59 56	6.41	8
7 20.1	−29 6	2.43	0	7 58.4	−53 52	5.89	5
7 21.7	+ 8 29	3.09	8	7 58.9	−54 14	5.99	0
7 21.9	−31 32	6.20	0	7 59.1	−63 17	4.96	3
7 22.8	−22 53	5.48	0	8 3.3	−62 33	6.42	3
7 23.0	−33 56	5.98	0	8 4.3	−41 31	7.33	0
7 23.8	− 9 50	6.59	0	8 4.5	−18 57	4.34	3
7 24.0	−28 57	5.52	9	8 6.3	−43 49	5.16	3
7 25.1	−31 38	6.06	0	8 6.4	−47 3	4.79	3
7 25.1	−31 39			8 6.7	−47 38	5.40	3
7 25.3	−31 15	5.80	3	8 7.1	−63 30	6.38	8
7 31.4	−14 16	5.57	0	8 7.6	−68 19	4.46	5
7 32.3	−19 29	5.66	0	8 8.0	−42 41	4.87	0
7 33.6	−34 44	4.62	8	8 8.2	−48 9	5.94	3
7 34.7	−26 34	3.81	8	8 9.3	−45 57	6.08	3
7 34.7	−26 34		3	8 10.2	−31 50	6.10	0
7 35.3	−26 38	6.23	8	8 10.2	−36 1	5.12	3
7 36.0	−38 4	4.91	5	8 10.5	−46 41	5.28	3
7 36.3	−38 1	5.78	5	8 10.6	−46 16	7.5	0
7 36.4	−37 20	6.02	3	8 11.0	−40 31	6.75	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
8 11.2	—45 31	6.02	0	9 53.4	—54 6	3.70	5
8 11.7	—46 10	6.57	0	9 53.6	—52 10	6.15	0
8 17.5	—36 10	5.17	3	9 54.4	—70 55	6.42	0
8 19.0	—57 39	6.07	5	9 54.8	—68 37	6.34	0
8 19.5	—48 10	4.90	2	9 58.0	—52 53	6.50	0
8 20.1	—71 12	5.44	9	10 3.0	+12 27	1.34	8
8 21.5	—42 27	6.20	0	10 5.1	—51 19	5.10	0
8 22.4	—41 50	5.30	0	10 8.3	—57 34	6.12	0
8 22.7	—51 24	5.23	2	10 8.6	—61 2	7.3	0
8 24.2	—34 47	5.82	0	10 10.0	—64 40	7.2	0
8 25.7	—43 50	5.94	0	10 10.1	—61 9	6.48	3
8 25.9	—47 36	5.52	5	10 11.4	—69 32	3.56	8
8 26.0	—44 23	5.06	0	10 11.6	—54 28	6.48	0
8 26.5	—46 0	6.11	0	10 16.2	—58 39	6.8	0
8 27.2	—44 24	6.49	0	10 16.9	—56 40	7.8	0
8 28.0	—47 32	6.50	0	10 18.8	—59 15	7.6	0
8 29.6	—38 2	6.38	0	10 21.6	—58 22	7.2	0
8 33.0	—57 53	5.40	3	10 23.7	— 3 14	6.11	0
8 36.6	—53 5	5.60	5	10 24.9	—62 40	6.72	0
8 37.1	—52 42	5.38	5	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.4	—52 34	3.68	3	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.9	—48 34	6.14	0	10 26.5	—56 34	6.92	0
8 38.0	+ 3 46	4.32	3	10 27.1	—66 29	6.40	0
8 38.5	—45 3	5.23	5	10 27.5	—43 59	7.6	0
8 38.5	—59 24	4.42	2	10 28.4	—63 26	7.8	0
8 39.0	—47 44	5.48	3	10 28.5	—61 11	3.58	0
8 39.4	—52 44	5.68	9	10 28.6	—58 2	7.2	0
8 39.5	—52 45	5.04	5	10 29.6	—57 41	6.25	8
8 39.6	—32 50	3.70	2	10 34.2	—56 44	6.35	3
8 43.1	—45 32	5.54	5	10 35.4	—55 28	7.3	0
8 44.1	—56 25	4.63	3	10 35.7	—60 28	7.2	0
8 47.1	—46 10	4.89	0	10 35.9	—63 36	6.60	0
8 51.6	—59 59	5.98	3	10 36.0	—55 46	8.4	0
8 52.8	—60 16	3.98	8	10 38.7	—56 21	7.4	0
8 53.3	—52 21	4.77	5	10 38.7	—63 57	5.22	3
8 54.5	—58 51	5.08	3	10 38.9	—58 42	5.44	3
8 57.6	—41 28	5.54	5	10 39.3	—60 39	6.4	0
8 58.7	—51 48	5.42	9	10 39.4	—63 52	3.05	0
9 0.1	—53 9	6.48	9	10 40.3	—63 44	6.14	3
9 7.4	—44 27	4.96	5	10 40.5	—63 26	5.09	3
9 8.0	—46 10	5.92	0	10 40.8	—79 16	6.18	5
9 8.4	—58 33	3.56	3	10 42.4	—61 25	7.3	0
9 9.0	—61 54	4.18	3	10 42.7	+38 6	6.89	0
9 10.6	—42 49	5.15	3	10 42.7	—63 59	5.54	5
9 12.6	—57 58	6.06	5	10 42.8	—63 44	5.43	8
9 16.5	—54 45	6.44	5	10 43.2	—63 52	5.16	5
9 19.0	—54 35	2.63	3	10 43.3	—56 48	7.6	0
9 30.2	—48 34	5.35	3	10 43.9	—59 21	6.69	0
9 31.5	—58 47	4.20	5	10 44.0	—64 1	7.0	0
9 36.6	—60 53	4.67	9	10 44.2	—68 55	6.68	0
9 36.8	—80 30	5.28	0	10 44.8	—80 1	4.62	3
9 42.6	—44 18	5.68	0	10 46.4	—62 6	7.5	0
9 50.2	—50 40	6.00	0	10 46.8	—60 44	7.04	0
9 52.7	—50 52	6.47	0	10 47.8	—62 23	7.9	0
9 50.4	—44 49	6.04	0	10 49.3	—60 71	7.6	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
10 52.6	—61 10	7.3	0	13 6.0	—59 23	4.76	8
10 57.1	—60 41	8.1	0	13 8.5	—67 22	4.95	8
10 58.6	—59 12	7.08	0	13 14.5	—52 13	5.70	8
10 59.8	—57 25	7.2	0	13 16.1	—60 27	6.51	3
11 0.8	—60 31	7.6	0	13 16.2	—51 40	6.10	0
11 1.1	—26 45	5.69	8	13 16.2	—60 28	4.62	3
11 1.9	—59 25	7.2	0	13 17.2	+ 5 41	5.87	0
11 3.3	—60 50	8.2	0	13 19.9	—10 38	1.21	2
11 3.9	—60 17	8.0	0	13 21.3	—48 52	6.34	0
11 4.6	—61 1	7.5	0	13 33.5	—52 57	2.56	1
11 5.7	—59 33	7.7	0	13 36.4	—56 16	6.30	0
11 6.6	—57 55	6.34	8	13 43.5	—41 11	3.53	2
11 9.2	—59 4	5.98	3	13 43.6	+49 49	1.91	3
11 16.4	—53 56	4.26	5	13 45.6	—46 25	5.87	3
11 30.0	—53 42	4.82	8	13 46.0	—32 30	4.47	5
11 31.2	—62 28	3.34	9	13 47.5	—31 26	4.76	5
11 31.8	—60 30	5.84	3	13 47.7	—46 39	5.94	0
11 35.2	—34 11	4.88	8	13 49.3	—46 46	3.06	0
11 40.8	—45 8	5.44	8	13 52.2	—41 36	4.05	3
11 44.8	—63 14	4.52	5	13 52.5	—44 19	4.17	3
11 47.8	—33 21	4.40	2	13 56.8	—59 53	0.86	1
11 52.6	—61 53	5.70	5	13 59.9	—40 42	4.54	3
11 54.7	—77 40	5.05	9	14 6.9	—54 9	6.23	5
11 55.8	—19 6	5.28	0	14 8.7	—66 7	5.88	8
11 59.2	—62 36	4.98	3	14 9.6	—82 23	6.37	8
12 1.7	—11 41	6.70	0	14 10.3	—79 39	5.20	0
12 2.9	—50 6	4.81	5	14 13.0	—45 36	4.10	3
12 3.8	—40 40	5.62	0	14 13.3	—55 56	4.41	5
12 6.4	—51 48	4.20	3	14 16.1	—47 52	6.26	0
12 8.2	—38 22	5.90	0	14 16.8	—39 3	4.55	5
12 8.9	—63 51	6.42	1	14 16.8	—67 44	5.71	8
12 9.8	—58 12	3.08	3	14 19.7	—44 46	4.65	3
12 10.7	—16 59	2.78	8	14 22.4	—29 3	5.00	8
12 12.5	—78 45	4.38	5	14 23.7	—44 53	5.49	9
12 13.0	—63 26	4.26	3	14 25.9	—50 1	4.60	2
12 21.0	—62 33	1.05	1	14 31.2	—49 0	4.14	5
12 21.1	—62 32			14 35.3	—46 58	2.89	2
12 21.0	—62 34	5.14	5	14 35.5	—62 32	6.5	0
12 21.1	—50 53	5.04	3	14 35.7	—37 21	4.09	3
12 21.8	—63 14	6.20	8	14 37.4	—24 34	5.75	2
12 22.6	—49 40	4.16	3	14 42.1	—26 13	5.80	9
12 26.5	—71 35	4.04	5	14 45.1	—43 9	4.49	5
12 31.2	—68 35	2.94	3	14 46.6	—37 23	5.11	0
12 34.4	—39 26	4.79	8	14 48.7	—62 22	5.42	0
12 36.2	—59 8	5.02	8	14 52.0	—42 44	2.81	0
12 36.9	—62 30	6.00	0	14 52.7	—41 42	3.35	3
12 40.1	—67 34	3.26	3	14 58.3	—46 40	4.02	5
12 40.6	—55 56	4.86	3	14 59.1	—48 30	6.74	0
12 41.9	—59 9	1.50	1	15 2.1	—44 54	4.39	3
12 46.5	—39 8	6.14	8	15 5.0	—48 21	4.14	9
12 48.7	—58 36	4.84	3	15 6.1	—44 8	4.92	3
12 49.6	—41 45	7.1	0	15 8.5	—60 32	5.95	1
12 50.1	—56 17	5.58	5	15 8.9	—60 35	5.24	5
13 0.4	—47 56	4.96	3	15 9.5	—43 7	6.32	5
13 1.0	—49 22	4.40	3	15 10.8	—60 8	5.50	5

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
15 11.5	—47 31	4.36	8	16 34.1	—49 27	5.91	0
15 11.6	— 9 1	2.74	8	16 36.6	—60 22	7.6	0
15 12.4	—40 26	5.78	8	16 37.8	—40 39	5.68	0
15 14.8	—40 17	3.43	2	16 37.8	—58 19	5.94	3
15 15.9	—44 20	3.74	3	16 38.8	—58 9	5.76	0
15 16.8	—36 30	4.69	3	16 45.1	—37 53	3.09	0
15 20.7	+37 44	4.33	0	16 45.6	—37 51	3.64	2
15 20.9	—36 25	5.52	5	16 47.0	—41 39	5.34	0
15 28.1	—49 20	7.0	0	16 47.1	—41 41	6.02	0
15 28.5	—40 50	2.95	3	16 48.4	—50 31	6.57	0
15 28.9	+31 42	4.17	0	16 51.1	—37 50	7.29	0
15 29.0	— 8 51	5.15	3	16 53.2	—58 48	6.32	0
15 29.0	—44 37	4.84	3	16 55.9	—57 34	5.88	0
15 29.2	—73 7	5.76	8	17 0.4	— 0 45	5.62	0
15 32.6	—29 27	3.80	3	17 6.5	—32 19	6.00	0
15 35.6	+36 58	4.69	0	17 6.5	—82 41	6.78	0
15 35.6	+36 58			17 8.5	+65 50	3.22	5
15 36.3	—34 23	4.82	5	17 9.2	—42 14	7.1	0
15 40.4	—34 22	5.61	8	17 10.3	—49 21	7.7	0
15 44.6	—33 19	4.11	9	17 11.4	+ 1 19	5.96	0
15 45.0	—25 27	4.77	3	17 13.6	+33 12	R	3
15 47.5	—19 52	5.06	0	17 15.2	—60 35	5.96	8
15 47.6	—25 2	4.66	3	17 15.8	—47 23	5.50	0
15 48.0	—23 41	5.36	0	17 15.9	—24 54	3.37	3
15 48.4	—27 3	6.01	0	17 17.0	—44 4	5.10	8
15 49.2	—19 6	5.90	0	17 17.0	—56 17	3.51	1
15 50.7	—28 55	4.02	3	17 18.2	—49 39	7.3	0
15 51.9	—20 41	5.87	0	17 20.5	—46 57	7.4	0
15 52.1	—53 44	6.38	0	17 21.3	—29 39	5.92	9
15 52.6	—13 59	4.68	0	17 22.1	—60 36	3.79	8
15 52.6	—24 32	5.41	0	17 22.7	—31 27	6.81	0
15 52.8	—25 50	3.00	0	17 22.9	—56 50	6.29	8
15 53.4	—38 6	3.61	3	17 23.5	—33 38	6.56	0
15 54.4	—22 20	2.54	0	17 24.0	—37 13	2.80	3
15 54.6	—50 50	6.75	0	17 24.1	—49 48	2.97	0
15 56.8	—38 19	4.97	5	17 26.5	—32 59	7.08	0
15 59.6	—19 32	2.76	1	17 26.8	—37 2	1.71	2
16 0.0	—36 32	4.33	3	17 27.1	+ 2 54	7.8	0
16 1.0	—20 24	4.13	2	17 28.1	—32 31	5.71	0
16 5.4	—26 53	6.77	0	17 35.6	—38 59	2.51	2
16 6.1	—27 40	4.70	0	17 36.6	+46 4	3.79	3
16 6.2	—19 12	4.16	0	17 42.2	—26 57	6.16	3
16 7.7	—24 10	6.34	0	17 42.3	—53 35	5.90	0
16 15.0	—49 20	5.49	5	17 42.7	—31 40	4.83	8
16 15.1	—25 21	3.08	1	17 47.4	+48 25	6.43	0
16 16.7	+46 33	3.91	5	17 50.9	—32 2	8.3	0
16 19.6	—23 13	4.76	0	17 51.2	+ 0 42	5.73	0
16 19.6	—23 14			17 52.3	—28 45	5.95	0
16 19.8	—47 20	4.71	5	17 55.3	+ 4 23	4.81	0
16 22.5	—46 2	5.46	1	17 55.6	+ 2 56	3.92	0
16 24.8	—34 29	4.33	3	17 55.8	—27 30	8.3	0
16 29.7	—28 1	2.91	0	17 56.0	+ 6 16	6.18	0
16 31.4	—43 12	6.14	0	17 56.1	+76 1	7.12	0
16 31.5	—56 47	7.5	0	17 56.4	—29 22	8.2	0
16 31.7	—10 22	2.70	0	17 56.7	—20 44	6.85	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° '			h m	° '		
17 58.1	+20 50	5.09	0	19 41.6	—61 18	6.42	0
17 58.1	—27 23	8.2	0	19 46.8	+22 21	4.91	0
17 58.8	—50 6	3.90	1	19 53.2	—35 33	4.39	3
17 59.6	+ 1 55	6.09	0	19 56.2	+36 46	5.15	0
18 1.1	—45 47	6.42	8	19 57.5	+24 31	5.75	0
18 4.4	+20 48	4.32	2	20 2.5	+23 19	5.08	0
18 4.4	—33 49	6.24	0	20 2.8	— 7 3	6.85	0
18 6.2	—41 22	5.52	0	20 5.8	— 9 9	6.45	0
18 8.2	—28 52	8.1	0	20 7.0	+21 35	6.11	0
18 8.7	—56 4	5.54	0	20 7.8	+26 11	5.91	8
18 9.3	—20 25	6.02	1	20 11.0	+25 17	4.82	3
18 9.3	—20 46	5.42	0	20 17.7	—57 3	2.12	3
18 11.5	—42 20	6.48	0	20 28.4	+10 58	3.98	5
18 12.9	—18 12	8.2	0	20 29.7	+20 38	6.28	0
18 13.2	+11 51	7.02	0	20 32.8	—67 7	5.36	9
18 14.5	+12 9	6.93	0	20 33.7	—15 18	5.30	0
18 16.1	—36 44	5.39	8	20 34.2	+23 46	5.04	0
18 19.6	—46 1	3.76	3	20 34.4	+15 29	5.92	2
18 22.0	—62 20	4.81	8	20 35.0	+15 34	3.86	8
18 22.1	—17 51	6.03	8	20 38.5	+35 5	6.50	0
18 24.4	—45 59	5.05	8	20 43.4	—26 9	5.78	8
18 24.7	—45 49	5.33	5	20 43.5	+36 7	4.47	0
18 29.6	+30 49	6.43	0	20 43.5	+25 49	7.00	0
18 37.6	—35 45	4.82	3	20 47.9	+32 28	6.35	0
18 39.4	—27 6	3.30	8	20 49.7	+44 0	4.68	0
18 43.0	—62 18	4.42	2	21 9.3	+59 35	5.65	1
18 43.2	—47 53	7.30	0	21 13.8	+34 29	4.42	R
18 46.1	+32 42	5.77	2	21 14.8	—43 31	5.06	5
18 47.2	—16 30	6.84	0	21 17.3	+64 27	5.18	0
18 48.2	—24 53	7.06	0	21 17.6	—83 7	6.52	0
18 49.1	—26 25	2.14	3	21 27.4	+70 7	3.32	1
18 49.9	—23 18	5.89	8	21 35.9	+57 2	5.64	5
18 49.9	—37 28	5.41	5	21 38.6	+50 44	4.78	0
18 50.2	+36 51	5.51	3	21 43.1	+48 51	4.26	0
18 50.5	—53 4	5.03	9	21 44.8	+20 0	6.16	0
18 52.3	—20 33	6.73	0	21 47.9	—37 50	3.16	8
18 57.7	+50 24	5.24	0	21 48.5	+25 27	5.05	0
19 3.0	—42 3	5.86	5	21 53.6	—56 22	6.21	8
19 3.7	+35 57	5.13	0	21 58.9	—27 19	5.84	0
19 4.2	—39 10	6.24	8	22 1.9	—47 27	2.16	5
19 10.4	+38 58	4.46	3	22 3.5	—19 1	5.74	0
19 11.9	+21 13	4.60	0	22 17.3	+15 8	6.64	0
19 13.5	+22 51	5.40	0	22 20.2	+ 0 52	4.64	1
19 15.4	—44 39	4.24	8	22 20.2	—65 28	4.80	9
19 15.5	—44 38			22 20.4	+48 58	4.64	9
19 15.8	—19 25	6.38	0	22 26.1	+42 36	4.54	0
19 17.0	—40 48	4.11	8	22 30.2	— 0 38	4.13	8
19 18.7	+26 4	4.92	0	22 30.7	—16 54	6.69	0
19 20.2	+29 26	4.86	2	22 34.8	+38 32	4.91	0
19 23.4	+ 2 43	5.92	0	22 35.1	—27 34	4.22	8
19 25.5	+ 3 14	6.33	0	22 36.5	+10 19	3.61	8
19 28.1	+34 14	4.85	0	22 37.0	+39 43	5.18	0
19 30.6	—25 6	4.66	9	22 41.0	—80 39	5.52	8
19 31.6	— 1 31	4.28	0	22 52.7	+48 9	5.20	0
19 34.3	+ 5 10	5.17	0	23 2.4	+58 53	4·93	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
23 3.0	+59 13	6.28	2	23 50.1	—32 29	6.05	0
23 12.3	—16 43	6.57	0	23 50.5	+56 53	6.05	8
23 15.7	+60 36	6.73	0	23 52.4	+75 45	7.8	0
23 25.4	+58 0	4.89	3	23 53.7	+31 48	6.36	0
23 27.6	—38 22	4.46	9	23 54.7	—66 8	4.71	9
23 41.5	+66 13	5.94	0	23 57.2	—30 16	4.99	5
23 41.9	—50 47	5.37	5				

Dieses Verzeichnis lehrt, daß die Häufigkeit der Sterne mit Spektra der Klasse B in den verschiedenen Teilen der Himmelssphäre sehr ungleich ist. Um dieselbe genauer darzustellen, wurde für jeden Stern dessen galaktische Länge und Breite (Winkelabstand von der Ebene der Milchstraße) berechnet und detailliert. Auf diese Weise ergaben sich folgende Tabellen. In der ersten sind sämtliche Sterne der Klasse B aufgeführt, auch solche, welche nur wenig von dem Typus der Klasse A sich entfernen, aber doch Heliumlinien zeigen. In der zweiten Tabelle sind nur diejenigen Sterne der Klasse B nach ihrer Verteilung aufgeführt, welche das charakteristische Heliumspektrum sehr deutlich zeigen.

Verteilung der B-Sterne überhaupt.

Breite	Area	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°	Summa
+90° bis +30°	573	1	5	—	2	—	—	—	3	—	1	1	—	4	—	2	1	2	—	22
+30° „ +20°	181	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	1	2	5	3	8	5	2	30
+20° „ +10°	193	5	5	1	2	1	—	—	1	2	1	—	—	2	7	23	17	1	4	72
+10° „ 0°	199	—	5	1	3	4	3	5	6	6	4	6	9	24	15	12	10	3	1	117
0° „ —10°	199	3	6	5	5	7	12	2	11	5	6	47	57	50	16	9	15	16	3	275
—10° „ —20°	193	1	6	1	4	4	4	8	2	62	11	18	8	14	5	6	11	6	3	174
—20° „ —30°	181	2	—	2	1	1	1	13	1	11	4	4	4	3	3	1	3	5	1	60
—30° „ —90°	573	2	3	2	1	—	—	2	3	1	4	7	3	3	7	3	5	2	5	53
Summa	—	14	30	13	19	17	20	31	27	87	32	83	82	102	58	59	70	40	19	803

Verteilung der charakteristischen B-Sterne.

Breite	Area	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°	Summa
+90° bis +30°	573	1	5	—	2	—	—	—	3	—	—	1	—	2	—	2	1	1	—	18
+30° „ +20°	181	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1	3	2	7	5	2	24
+20° „ +10°	193	5	5	1	2	1	—	—	1	1	1	—	—	1	7	21	15	1	4	66
+10° „ 0°	199	—	5	1	3	4	1	5	5	6	4	6	9	22	12	10	10	2	1	106
0° „ —10°	199	3	5	5	4	6	11	2	10	5	6	39	53	45	11	9	14	15	2	245
—10° „ —20°	193	1	5	1	4	4	3	8	2	62	10	16	7	9	4	3	8	4	2	153
—20° „ —30°	181	2	—	2	1	1	1	7	1	11	4	4	4	—	2	—	2	2	—	44
—30° „ —90°	573	2	2	1	1	—	—	2	2	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	30
Summa	—	14	27	12	18	16	16	25	24	86	28	69	74	82	42	48	60	31	14	686

Man erkennt aus dieser Tabelle das auffallende Überwiegen der Sterne der Klasse B in und nahe der Milchstraße; nahezu 0.9 von allen befinden sich in der Zone innerhalb 30° des galaktischen Äquators, obgleich diese nur die Hälfte der ganzen Himmelssphäre bedeckt. Auch sind die Sterne in bezug auf die Länge nicht gleichmäßig verteilt, am zahlreichsten finden sie sich in der Nähe von η Canis majoris und ι Carinae und im Sternbilde Argo. Der Name Orionsterne ist daher nicht zutreffend.

Zweites Supplement des Kataloges der veränderlichen Sterne der Sternwarte des Harvard College zu Cambridge.[1]) Zu dem 1. Supplement [2]) gibt nunmehr Miss Leavitt bereits ein zweites, welches alle 1904 entdeckten Veränderlichen umfaßt mit Ausnahme der in den Nebelflecken entdeckten. Die Anzahl der Veränderlichen vermehrt sich damit bis Ende 1904 um 503, von denen 431 photographisch auf der Harvardsternwarte entdeckt wurden. Der zweite Supplementkatalog hat nahezu die nämliche Anordnung wie der erste und folgt hier:

Name	R. A. 1900	Dek. 1900	Max.	Min.	Periode	Entdecker
	h m	° ′			d	
—Cassiopeiae . . .	0 18.0	+55 15	7.1	8.5	—	Tass
—Androm.	41.9	+32 9	*10*	<*12*	—	Williams
Z Ceti	1 1.6	— 2 1	9	12	212.5	Luther
—Cassiopeiae . . .	5.1	+64 29	—	—	—	Barr
RV Androm. . . .	2 4.6	+48 28	*8.5*	*10.5*	182	Williams
RS Persei	15.3	+56 39	*8*	*10*	—	Ceraski
RR Persei	21.7	+50 49	*9*	<*13*	517?	Ceraski
—Cassiopeiae . . .	58.8	+67 11	—	—	—	Ceraski
RT Persei	3 16.7	+46 12	*9.5*	*11.5*	0.8+	Ceraski
—Persei	23.9	+39 19	*9.3*	*11.5*	161.7	Williams
—Tauri	4 32.8	+ 8 9	*9*	<*12*	—	Fleming
RT Tauri	58.2	+23 30	9.3	10.3	—	Millosevich
—Orionis	5 25.1	+ 4 7	—	—	—	Fleming
—Orionis	29.7	— 6 10	*13.4*	*14.5*	—	I. Roberts
—Orionis	30.0	— 5 8	—	—	—	I. Roberts
—Orionis	30.2	— 4 32	*12.2*	*14.6*	—	I. Roberts
—Orionis	30.3	— 5 28	*12.4*	*13.3*	—	Parkhurst
—Orionis	30.3	— 5 28	*14.4*	*15.2*	—	Parkhurst
—Orionis	30.4	— 5 28	*15.2*	*16.5*	—	Parkhurst
—Orionis	30.4	— 5 26	*14.0*	*16.6*	—	Parkhurst
—Orionis	30.4	— 5 27	*11.9*	*16.1*	—	Parkhurst
—Orionis	30.9	— 5 20	*11.5*	<*15*	—	Wolf
—Orionis	30.9	— 5 54	*14.1*	*14.8*	—	I. Roberts
—Orionis	32.1	— 5 28	—	—	—	I. Roberts
X Orionis	32.6	— 1 50	*11.0*	<*14*	146	Wolf
—Orionis	32.6	— 5 16	—	—	—	I. Roberts
—Orionis	50.0	+20 9	9.9	10.7	R	Luther
RS Aurigae	56.4	+46 16	*9.2*	*10.5*	—	Ceraski
RR Aurigae	6 4.8	+43 11	—	—	—	Fleming
—Aurigae	27.6	+42 34	—	—	—	Fleming
RT Gemin.	40.7	+18 44	*10.0*	<*15.5*	—	Wolf
RS Monocer. . . .	7 2.2	+ 5 9	9	10.5	—	Anderson
RV Gemin.	11.9	+24 6	*10.5*	<*15*	—	Wolf
RU Gemin.	21.0	+21 38	12.1	14	R	Bohlin
—Can. Min.	42.8	+ 5 44	—	—	—	Wells
Y Cancri	58.6	+20 25	*12*	*14*	—	Wolf
Z Camelop.	8 14.1	+73 26	*10*	*13*	180.5	(Greenwich)
S Leonis Min. . . .	9 47.8	+35 24	*8.5*	*11*	284	Anderson
—Leonis	10 11.8	+12 53	*12*	—	—	Wolf

[1]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **53**. Nr. VII.
[2]) Vgl. dieses Jahrbuch **15**. p. 59.

Name	R. A. 1900	Dek. 1900	Max.	Min	Periode	Entdecker
	h m	° ′			d	
Z Ursae Maj. . . .	11 51.3	+58 26	—	—	—	King
Y Ursae Maj. . . .	12 35.8	+56 24	8	9	—	Fleming
—Muscae	13 13.5	—73 55	—	—	—	Wells
—Virginis	31.0	—19 5	—	—	—	Fleming
U Ursae Min. . . .	14 14.9	+67 10	*8.5*	*12*	—	Ceraski
RY Centauri . . .	43.3	—42 5	—	—	—	Fleming
—Arae	17 11.6	—45 52	—	—	—	Wells
RU Ophiuchi . . .	17 28.1	+ 9 30	*9*	*12*	—	Ceraski
RV Ophiuchi . . .	29.8	+ 7 19	*9*	*12*	—	Fleming
RW Ophiuchi . . .	50.5	+ 7 51	*10*	*12.5*	745?	Ceraski
V Serpentis	18 11.1	—15 33	*9.5*	*11.1*	3.4+	Leavitt
—Lyrae	16.7	+31 41	—	—	—	Fleming
SV Herculis	22.3	+24 58	9.5	<13	202	Pickerin
—Sagittarii	40.0	—17 24	*12.2*	*<14.5*	—	Wolf
—Draconis.	40.9	+62 34	*9.3*	*12*	—	Ceraski
V Scuti	42.5	—12 14	*11.5*	*<14.5*	255	Dugan
ST Lyrae	19 6.6	+43 29	*10*	*13*	—	Ceraski
—Sagittarii	8.5	—19 0	*12.7*	*13.7*	—	Breslin
SW Sagittarii . . .	13.4	—31 54	*9.2*	*11.7*	289	Fleming
—Aquilae	33.7	+10 22	*13.0*	*<15*	—	Wolf
—Aquilae	34.2	+10 17	*11.2*	*12.7*	—	Wolf
—Draconis.	40.6	+80 42	—	—	—	(Greenwich)
X Vulpeculae . . .	53.3	+26 17	*9.5*	*10.5*	—	Ceraski
WW Cygni	20 0.6	+41 18	*9.3*	*12.5*	3.3+	Ceraski
—Cygni	1.3	+58 40	10.7	11.6	R	Ceraski
W Vulpeculae . . .	5.9	+25 59	*9*	*10*	Irr?	Ceraski
—Cygni	9.8	+49 9	—	—	—	Fleming
—Telescopii	12.9	—50 8	—	—	—	Wells
—Vulpeculae . . .	32.0	+23 31	*11.2*	*13.2*	—	Wolf
V Vulpeculae . . .	32.3	+26 15	*8.0*	*9.7*	75.3	Williams
—Vulpeculae . . .	32.3	+22 33	*10.8*	*<15*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	32.7	+25 58	*12.0*	*15*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	34.5	+22 54	*10.3*	*10.8*	—	Götz
—Vulpeculae . . .	34.9	+23 9	*10.3*	*14*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	35.3	+26 55	*11.9*	*14.0*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	37.4	+26 57	*12.0*	*13.5*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	51.6	+26 18	*11.0*	*<15*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	52.3	+23 12	*11.9*	*<15*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	53.1	+27 28	*9.9*	*11.2*	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	53.4	+25 7	*12.3*	*13.5*	—	Wolf
V Microscopii . . .	21 17.5	—41 7	—	—	—	Fleming
—Cephei	44.2	+64 9	*10*	*12.5*	—	Ceraski
WY Cygni	44.7	+43 46	*9*	*12.5*	R	Ceraski
VZ Cygni	47.7	+42 40	*8.2*	*9.2*	—	Ceraski
W Lacertae	22 3.2	+37 15	*9.5*	*<12.5*	285	Ceraski
RU Pegasi	9.2	+12 12	9.5	12.2	—	Graff
RV Pegasi	21.0	+29 58	*9*	*<11*	—	Williams
T Tucanae	34.0	—62 4	*8.0*	*<13.9*	250.6	(Cap)
V Lacertae	44.6	+55 48	*8.5*	*9.5*	—	Ceraski
—Androm.	23 5.1	+52 31	8.7	9.4	—	Graff
—Androm.	7.0	+52 21	8.9	9.6	122	Graff
RS Cassiop.	32.6	+61 53	*9*	*11*	—	Ceraski
RT Cassiop.	41.4	+53 57	*10*	*<12*	—	Ceraski

Der Veränderliche δ Cephei. Dieser von Goodricke 1785 als veränderlich erkannte Stern ist durch die schon von Argelander nachgewiesene Regelmäßigkeit seines Lichtwechsels und seiner Periodendauer bemerkenswert. Argelander fand 1840 die Dauer des Lichtwechsels $5^d\ 8^h\ 47^m\ 39.97^s$ und die größte Helligkeit $1^d\ 14.6^h$ nach dem Minimum. Etwa 20^h nach der größten Helligkeit findet eine Verzögerung der Lichtabnahme, also eine Ausbuchtung der Lichtkurve statt. Belopolsky hat den Stern 1894 spektroskopisch untersucht. Hiernach gehört sein Spektrum zum Typus II a und ist ähnlich dem Sonnenspektrum. Helle Linien fehlen darin gänzlich. Nach Belopolskys Untersuchungen beschreibt dieser Stern mit einem unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider eine geschlossene Bahn mit einer Geschwindigkeit von $2^3/_4$ Meilen in der Sekunde, während das ganze System sich der Sonne mit einer Schnelligkeit von 2 bis 5 Meilen in der Sekunde nähert. Jetzt hat Dr. M. Meyermann den Lichtwechsel von δ Cephei auf Grund eines ausgedehnten Beobachtungsmaterials von neuem untersucht. [1]) Aus den Helligkeitsschätzungen von Argelander, Schönfeld, Schmidt, Heis, Pannekoek, Plaßmann und Knopf ergibt sich, daß der Stern im Maximum nahe 3.6, im Minimum 4.2 Größe ist, der Lichtwechsel also 0.6 Größenklasse umfaßt. Die Gestalt der Lichtkurve zeigt eine Ausbuchtung etwa 24^h nach dem Maximum. Was die Periodendauer anbelangt, so ergab sich, daß auch die neuen Beobachtungen mit einer unveränderlichen Periode vereinbar sind. Dr. Meyermann macht schließlich einige interessante Bemerkungen über die mögliche Ursache des Lichtwechsels dieses Sternes. Er sagt: δ Cephei ist ein Doppelstern, dessen Elemente von Belopolsky[2]) berechnet worden sind. Aus ihnen findet sich, daß die Umlaufsperiode mit der Lichtwechselperiode übereinstimmt. Die Exzentrizität beträgt 0.5, das Maximum tritt etwa 0.6^d nach dem Periastrum ein. Ferner führen die Elemente zu dem Schlusse, daß die Neigung der Bahnebene gegen die Tangentialebene am Himmel jedenfalls nicht groß sein wird, da sonst die Masse des Sternes unwahrscheinlich klein sein müßte (bei 45°:0.04, bei 10°:4 Sonnenmassen).

An gegenseitige Verfinsterungen ist bei diesem Systeme von vornherein nicht zu denken. Man wird daher auf eine Erklärung durch Flutwirkungen angewiesen sein. Versucht man es zunächst mit der Klinkerfuesschen Fluthypothese, so hat man es hier mit dem gewöhnlich nicht betrachteten Falle zu tun, daß man nahezu senkrecht auf die Ebene einer sehr exzentrischen Bahn blickt. Man wird dann ein Maximum zur Zeit des Periastrums zu erwarten haben, wo die atmosphärische Kappe von dem Pole des Hauptsternes stärker weggezogen ist, ein Minimum zur Zeit des Apastrums. Schreibt man der Flut eine Verzögerung von 0.6^d im Ansteigen und 1.8^d in

---

1) Astron. Nachr. Nr. 3985.
2) Astron. Nachr. **136** und **140**.

der Abnahme zu, so kommt man zu einer befriedigenden Erklärung der beobachteten Lichtkurve.

Prof. Eddie glaubt,[1]) das Aufleuchten des Sternes auf Erhitzung desselben durch starke Flutreibung zurückführen zu können, so daß die zum Aufleuchten gebrachte Energie der Bewegungsenergie des Systemes entnommen wird. Diese Annahme legt die Frage nahe, wie groß wohl die Massen des Sternes sein müssen, damit die durch den jedesmaligen Energieverbrauch bedingte Änderung der Bewegungsverhältnisse, speziell der Periodenlänge, so klein bleibt, daß ihr Vorhandensein den bisherigen Beobachtungen noch hat entgehen können. Eine Rechnung, welche der von Prof. Darwin[2]) angegebenen völlig analog ist, ergibt bei plausibeln Annahmen, daß das Minimum der Massensumme 2.2 (resp. 173) Sonnenmassen sein muß bei einer Parallaxe von 0.1″ (resp. 0.01″), wenn die Änderung der Periode pro Umlauf nicht über 0.000 000 02 d betragen soll. Die Eddiesche Hypothese ist von diesem Gesichtspunkte aus also zulässig, solange die Entfernung des Sternes nicht zu groß (etwa größer als 0.03″) angenommen wird.

Eine dritte mögliche Vorstellung über die Art, wie die Flut eine Helligkeitsschwankung hervorrufen kann, wäre etwa die folgende. Während der Zeit der Lichtabnahme (zugleich Zeit der größern Entfernung des Begleiters) herrscht Gleichgewicht in den äußern strahlenden Schichten des Hauptsternes. Dieselben kühlen sich durch Ausstrahlung ab, beginnen vielleicht auch die von innen kommende Strahlung stärker zu absorbieren, so daß die Helligkeit des Sternes langsam abnimmt. Zugleich wird das Gleichgewicht durch die Dichtezunahme in den äußern Schichten instabil. Kommt nun der Begleiter näher, so stürzt die von ihm erzeugte Flut das Gleichgewicht um, es tritt Mischung mit tiefern, heißern Schichten ein, wodurch die Temperatur und Strahlung rasch auf ihren Maximalwert steigt. Man hat also einen Lichtwechsel zu erwarten, bei welchem das Maximum in raschem Anwachsen der Helligkeit bald nach dem Periastrum, das Minimum einige Zeit nach dem Apastrum erreicht wird, so wie es die Beobachtungen in Wirklichkeit ergeben.

Benennung von neu entdeckten veränderlichen Sternen. Als Fortsetzung des frühern Verzeichnisses,[3]) gibt die von der Astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission zur Herstellung eines Normalkataloges der veränderlichen Sterne eine zweite Zusammenstellung von neu entdeckten Veränderlichen, die sie zur definitiven Benennung für reif erklärt hat.[4]) Dieselbe folgt hier. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die Helligkeit für das Auge gilt, p h, daß es sich um eine photographische Größe handelt.

---

[1]) The short period variable δ Cephei, Astroph. Journ. III.
[2]) Proceedings of the Royal Society Nr. 197. London 1879.
[3]) Siehe dieses Jahrbuch 1904 **15**. p. 67.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 4061.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0 RA.	Position 1900.0 Dekl.	Präzession 1900 RA.	Präzession 1900 Dekl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′	m	m	
1	189.1904	RW Andromedae . . .	0 41 56	+32 8.4	+ 3.23	+0.33	8.3	<12	ph
2	41.1905	RV Cassiopejae	0 47 6	+46 52.8	+ 3.36	+0.33	9	<12 1/2	ph
3	38.1905	RX Andromedae . . .	0 58 58	+40 46.2	+ 3.36	+0.32	10.5	11.8	ph
4	186.1904	RU Cassiopejae	1 5 10	+64 29.2	+ 3.86	+0.32	5.1	5.5	v
5	46.1905	RW Cassiopejae . . .	1 30 42	+57 14.8	+ 3.87	+0.31	8.9	11.0	ph
6	187.1904	RU Persei	3 23 57	+39 18.9	+ 3.92	+0.21	9.5	11	v
7	102.1905	RW Tauri	3 57 45	+27 51.0	+ 3.68	+0.17	7.1	<11	ph
8	61.1905	RV Persei	4 4 9	+33 59.4	+ 3.86	+0.16	9.5	11.0	ph
9	45.1905	RV Tauri	4 40 58	+25 59.9	+ 3.69	+0.11	9.1	10.5	ph
10	79.1905	RS Cephei	4 48 34	+80 5.8	+10.36	+0.10	9.5	12	ph
11	40.1905	RR Camelopardalis . .	5 23 24	+72 22.8	+ 7.23	+0.05	9.5	10.5	ph
12	62.1905	RU Aurigae	5 33 24	+37 35	+ 4.09	+0.04	10.0	<12	ph
13	49.1903	Y Orionis	5 36 36	— 4 11.3	+ 2.98	+0.03	9.8	<15.2	ph
14	47.1905	RT Aurigae	6 22 9	+30 33.3	+ 3.86	—0.03	5.0	5.6	v
15	43.1905	RU Monocerotis . . .	6 49 24	— 7 28.2	+ 2.90	—0.07	9.8	10.5	ph
16	42.1905	RT Monocerotis . . .	8 3 58	—10 30.4	+ 2.86	—0.17	8.5	9.3	v
17	105.1905	RS Camelopardalis. . .	8 36 56	+79 19.7	+ 8.57	—0.21	8.4	9.2	ph
18	78.1905	SS Virginis	12 20 7	+ 1 19.4	+ 3.07	—0.33	8.3	12.5	ph
19	67.1905	RS Ursae majoris . . .	12 34 23	+59 2.6	+ 2.74	—0.33	9	<12	ph

			h m s	° ′	s	′	m	m	
20	—	T Muscae	13 13 30	—73 55.0	+ 4.53	—0.32	8.0	9.7	ph
21	73.1905	RZ Virginis	13 16 45	+ 2 22.2	+ 3.05	—0.32	9	12	v
22	106.1905	RR Ursae majoris . . .	13 22 28	+62 54.6	+ 2.15	—0.31	9.4	<12	ph
23	60.1905	RX Ophiuchi	16 47 52	+ 5 33.8	+ 2.95	—0.10	9.8	<13	v
24	77.1905	RY Ophiuchi	18 11 38	+ 3 39.5	+ 2.99	+0.02	8.5	<10.4	v
25	75.1905	RU Draconis	18 18 5	+59 32.0	+ 0.81	+0.03	9.4	12.5	ph
26	74.1905	RT Draconis	18 21 21	+72 39.6	— 1.19	+0.03	9.4	12	ph
27	39.1905	RS Draconis	18 40 14	+74 14.0	— 1.59	+0.06	9.5	11.5	ph
28	188.1904	RR Draconis	18 40 54	+62 34.5	+ 0.54	+0.06	8.5	<12	ph
29	103.1905	RZ Ophiuchi	18 40 55	+ 7 6.9	+ 2.91	+0.06	9.0	10.5	ph
30	80.1905	SV Lyrae	18 42 1	+36 11.7	+ 2.11	+0.06	10.5	13.5	ph
31	59.1905	SU Lyrae	18 50 7	+36 23.1	+ 2.11	+0.07	10	<12.5	ph
32	81.1905	SW Lyrae	18 51 8	+29 43.5	+ 2.33	+0.07	11	<13	ph
33	82.1905	SX Lyrae	18 51 9	+31 19.7	+ 2.28	+0.07	11.5	<13	ph
34	64.1903	SS Aquilae	19 27 49	+10 18.7	+ 2.85	+0.12	11	15	ph
35	33.1905	SU Aquilae	19 31 2	+ 3 52.1	+ 2.99	+0.13	10	14	ph
36	78.1903	ST Aquilae	19 44 35	+12 7.1	+ 2.81	+0.15	10.5	13.5	ph
37	107.1905	WZ Cygni	20 49 18	+38 27.1	+ 2.29	+0.22	9.9	10.8	v
38	185.1904	RT Cephei	21 44 2	+64 9	+ 1.53	+0.28	10	$12^1/_2$	ph
39	44.1905	RY Andromedae . . .	23 15 53	+39 5.4	+ 2.86	+0.33	10	<12	ph

Der Veränderliche W Sagittarii als spektroskopischer Doppelstern. Von Jul. Schmidt wurde 1866 die Veränderlichkeit dieses Sternes erkannt. Sein Ort am Himmel (für 1900.0) ist: Rektaszension $17^h 58.6^m$, Deklination — 29° 35′. Nach dem Harvardkataloge ist er im Maximum 4.3, im Minimum 5.1 Größe. Die Periode des Lichtwechsels beträgt 7.5946 Tage. Das Spektrum dieses Sternes ist sehr ähnlich dem Sonnenspektrum und zeigt zahlreiche, gut definierte Linien. Dies veranlaßte H. Curtiss, den Stern auf der Licksternwarte spektrographisch zu untersuchen. Mit dem Spektrographen I wurden 33 Spektrogramme erhalten, die sich über die ganze Periode des Lichtwechsels verteilen. Es ergab sich gleich anfangs, daß die Radialgeschwindigkeit des Sternes sehr beträchtliche Veränderungen zeigt, und fernerhin, daß dieselbe in enger Beziehung zur Periodizität des Lichtwechsels steht. Unter der Annahme, daß beide genau zusammenfallen, wurde eine mittlere Kurve der gefundenen Geschwindigkeiten des Sternes entworfen, wobei sich ergab, daß diese kleine Oszillationen mit einer Periode von 3.8 Tagen zeigt, welche sich als sekundäre Kurven darstellen. Die Rechnung führte dann auf folgende Elemente des spektroskopischen Doppelsternes:

	Hauptkurve	Sekundäre Kurve
Scheinbare Periode (P′)	7.5946 Tage	3.80 Tage
Länge des Periastrums (ω)	70.0°	—
Exzentrizität (e)	0.320	0.0
Zeit des Periastrums nach dem Lichtmaximum (T)	6.20 Tage	—
Projektion der halben großen Achse der Bahn auf die Ebene der Gesichtslinie (a sin i)	1.930000 *km*	—
Projektion der Periastrumsdistanz auf dieselbe Ebene (q sin i)	1.310000 „	—
Projektion des Apastrums auf dieselbe Ebene (q′ sin i)	2.250000 „	—
Verhältnis der Massen	0.00499 „	—
Geschwindigkeit am Scheitel d. Kurve (A)	+21.6 „	+4.2 *km*
Geschwindigkeit im tiefsten Punkte der Kurve (B)	—17.4 „	—5.5 „
Geschwindigkeit des Schwerpunktes des Systemes (V)	—28.6 „	—

Die veränderlichen Sterne in den Haufen Messier 3 und Messier 5. Die Untersuchung des Lichtwechsels dieser Sterne ist auf der Harvardsternwarte nunmehr zu Ende geführt [1]) und hat zu Ergebnissen geführt, die nicht wesentlich von den früher mitgeteilten verschieden sind. Das Verhältnis der Veränderlichen zu den sämtlichen Sternen ist für den Sternhaufen Messier 3 gleich 1 : 7, und für Messier 5 wie 1 : 11, also das bemerkenswerteste, welches bis jetzt in einem Stern-

[1]) Harvard-Coll. Obs. Circular Nr. 100.

haufen entdeckt wurde. Von 129 Veränderlichen in dem Haufen Messier 3 sind bei 109 die Perioden des Lichtwechsels definitiv abgeleitet und in dem andern Sternhaufen bei 65 unter 87 Veränderlichen. Bemerkenswert ist in beiden Sternhaufen die Ähnlichkeit des Lichtwechsels der Veränderlichen. Mit Ausnahme von zwei Sternen haben alle andere Perioden, die wenig von 13h abweichen. Die Beobachtungen oder photographischen Aufnahmen des Haufens Messier 5 umfassen einen Zeitraum von zwölf Jahren, die des andern Haufens einen solchen von sieben Jahren.

Entdeckung zahlreicher Veränderlichen im großen Orionnebel und in den Magelhanschen Wolken. Der große Nebel im Orion ist während des 19. Jahrhunderts Gegenstand eingehender Studien von seiten mehrerer mit mächtigen Fernrohren versehener Beobachter gewesen. Unter diesen sind die Arbeiten von Prof. G. P. Bond von der Harvardsternwarte unzweifelhaft die bedeutendsten. In seiner großen Arbeit, welche 1867 erschien, hat er auch mehrere Sterne dieses Nebels als veränderlich bezeichnet, doch ist von diesen nur der Stern T Orionis näher beobachtet worden. In den Jahren 1901 und 1903 hat Prof. Wolf in Heidelberg durch Untersuchung der von ihm aufgenommenen Photographien mittels des Sternkomparators eine Anzahl veränderliche Sterne in diesem Teile des Orion entdeckt, doch sind mehrere davon so lichtschwach, selbst im Maximum, daß sie nur auf wenigen photographischen Aufnahmen verfolgt werden können. Aus diesem Grunde hat Prof. Edward C. Pickering eine eingehende Prüfung der in der Sammlung des Harvardobservatoriums befindlichen Aufnahmen mit langen Exponierungen des Orionnebels veranlaßt, nachdem die erheblichen Kosten dieser Untersuchung 1903 durch eine Zahlung der Carnegieinstitution aufgebracht waren. In jenem Jahre waren nicht weniger als acht Personen mit Untersuchung der Photographien beschäftigt, im Jahre 1904 jedoch nur Miss Henrietta S. Leavitt. Letztere konnte die Veränderlichkeit von sechzehn der durch Prof. Wolf angezeigten Sterne bestätigen, fand auch noch einige neue dazu und machte es wahrscheinlich, daß auch Nebelflecke (ähnlich wie gewisse Sternhaufen) ein fruchtbares Feld für die Entdeckung veränderlicher Sterne sind. Bei den Untersuchungen wurde die Karte und der Katalog der Sterne des Orionnebels zugrunde gelegt, die G. P. Bond in seiner oben erwähnten Arbeit veröffentlicht hat. Diejenigen Sterne, welche hier nicht verzeichnet sind, wurden durch Schätzungen bezüglich ihrer Örter festgesetzt. Als Skala für die Sternhelligkeiten wurde eine solche angenommen, welche mit derjenigen von Prof. Wolf vergleichbar ist, und nach welcher der schwächste Stern, welcher sich auf Tafel 26 von Roberts photographischem Atlas der Nebel und Sternhaufen findet, als 14.8 Größe gilt. Der schwächste Stern auf Tafel 23 der Decennial-Publications der Yerkessternwarte hat

die Größe 15.5, und das Originalnegativ dieser Platte ist mit einem 24-zölligen Reflektor bei 60 Minuten Exponierung am 19. Oktober 1901 erhalten worden.

Prof. Pickering gibt [1]) als Resultat der Untersuchungen von Miss Leavitt ein Verzeichnis von 71 Veränderlichen im Orionnebel, darunter befinden sich auch sechzehn Veränderliche, die Prof. Wolf entdeckt hatte, ein Stern, dessen Veränderlichkeit Prof. Holden schon vermutet hatte, sowie ein Stern, den J. Schmidt schon für veränderlich hielt. In einem zweiten Verzeichnisse führt Prof. Edward Pickering noch 35 Sterne des Orionnebels auf, deren Veränderlichkeit wahrscheinlich ist. Die untersuchte Fläche erstreckt sich $2^m\ 42^s$ östlich und ebensoweit westlich, sowie 87′ nördlich und 91.5′ südlich von dem Sterne ϑ^1 Orionis und umfaßt 14 458 Quadratbogenminuten oder etwa vier Quadratgrade. Die Anzahl der auf dieser Fläche untersuchten Sterne beträgt ungefähr 3000. Die Verteilung der Sterne verrät ihre enge Verbindung mit dem großen Orionnebel selbst. Sie finden sich hauptsächlich auf einer schmalen Fläche, welche sich südwärts von c Orionis über ϑ und ι Orionis hin ausdehnt. Nördlich von — 4° 44′ Deklination wurde unter 900 untersuchten Sternen nur ein Veränderlicher gefunden. Innerhalb der Grenzen des übrigen Teiles von Bonds Karte wurde unter 550 Sternen auch nur ein Veränderlicher entdeckt. Die Flächen dieser drei Regionen umfassen 3524, 1417 und 2632 Quadratbogenminuten. In der noch übrigen Region von 6885 Quadratminuten fanden sich unter 1100 untersuchten Sternen 65 sicher und 20 wahrscheinlich Veränderliche.

In einer zweiten Publikation [2]) teilt Prof. Pickering weitere Ergebnisse der Untersuchungen von Miss Leavitt mit. Durch diese wurden noch acht Veränderliche entdeckt, von denen sechs außerhalb der Fläche stehen, die Bonds Karte umfaßt.

Ferner wurde die Umgebung von η Carinae auf sechs Platten studiert und darauf zehn neue Veränderliche außer dem bereits bekannten U Carinae entdeckt, jedoch keiner derselben im Nebel selbst stehend. Eine ähnliche Untersuchung der kleinen Magelhanschen Wolke ergab 57 Veränderliche, ausschließlich von drei, die in dem Sternhaufen 47 Tucanae stehen, der auf den gleichen Platten erscheint. Diese Veränderlichen bilden aber nach Prof. Pickerings Ansicht nur einen kleinen Teil der dort wirklich vorhandenen, da bloß zwei Platten verglichen wurden. Eine sorgfältige Untersuchung wurde dem sogenannten dreispaltigen Nebel (AR $17^h\ 56^m$ D—23° 2′) im Schützen gewidmet. Auf einer Fläche von 30 Bogenminuten im Quadrate wurden alle Sterne auf zwei Platten geprüft, aber kein einziger Veränderlicher ge-

[1]) Harvard Observ. Circular Nr. 78.
[2]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 79.

funden. Eine ähnliche Untersuchung des Nebels N G K 2070 des sogenannten Lochnebels in der großen Magelhanschen Wolke ergab von 867 geprüften Sternen nur zwei als in geringem Grade veränderlich. In den übrigen Teilen der großen Wolke aber fanden sich auf den mit dem 24-zölligen Bruceteleskop erhaltenen Platten und Expositionen von 1 bis 5 Stunden zahlreiche Veränderliche, so daß die Gesamtzahl derselben gegenwärtig 152 beträgt.[1]) Die Helligkeit fast aller derselben verändert sich rasch. Die meisten davon stehen in Gruppen zusammen, fast die Hälfte von allen nahe in einer Linie, die sich von dem Nebel N G K 1850 bis zu N G K 2070 erstreckt, und sie sind durch besondere Lichtschwäche selbst im Maximum charakterisiert. Den stärksten Lichtwechsel zeigt ein Stern, der im Maximum 11.4, im Minimum 15.5 Größe ist, sonst bleiben die Helligkeitsschwankungen meist unter einer Größenklasse. Merkwürdig sind drei äußerst nahe beieinander stehende Sterne, die sämtlich, wenngleich nur um höchstens eine Größenklasse, veränderlich sind, und deren Lichtwechselperioden offenbar nur kurze sind. Ein anderer Veränderlicher scheint vom Algoltypus zu sein. Die genauere Untersuchung der Art und Weise des Lichtwechsels, die Bestimmung der Periodenlänge usw. ist eine sehr umfangreiche Arbeit, zu deren rascher Ausführung mehr Arbeitskräfte erforderlich sind, als dem Harvardobservatorium bei seinen sonst völlig in Anspruch genommenen Mitteln zu Gebote stehen.

843 neue veränderliche Sterne in der kleinen Magelhanschen Wolke. Anschließend an die frühere Mitteilung über Entdeckung von 57 neuen Veränderlichen in der kleinen Magelhanschen Wolke,[2]) berichtet Prof. E. Pickering,[3]) daß die sechzehn photographischen Aufnahmen zu Arequipa nach Eintreffen der Platten zu Cambridge von Miss Leavitt untersucht wurden und das überraschende Resultat ergaben, daß in der genannten Region Hunderte von veränderlichen Sternen vorhanden sind. Mit Einschluß der früher erwähnten 67 Veränderlichen ist die Gesamtzahl derselben jetzt auf 900 gestiegen, und außer diesen sind noch 64 andere Sterne der Veränderlichkeit verdächtig. Der Schätzung nach erreicht die Zahl der in der kleinen Wolke photographisch niedergelegten Sterne etwa 280 000, so daß von 308 derselben durchschnittlich e i n e r veränderlich ist. Die umgebende Region umfaßt etwa 40 000 Sterne, und von diesen zeigt sich durchschnittlich e i n e r unter 3300 veränderlich. Eine genaue Untersuchung über die Art und Weise des Lichtwechsels dieser Sterne ist begonnen worden.

Die Helligkeit des Veränderlichen η Argus ist auch im Jahre

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 82.
[2]) Dieses Jahrbuch **15.** p. 61.
[3]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 96.

1905 von R. J. A. Innes beobachtet worden.[1]) Er findet im Mittel aus seinen Schätzungen während der Monate Mai und Juni, daß der Stern 7.7 Größe war, und daß überhaupt seit 1896 die Lichtänderungen desselben ganz unbedeutend gewesen sind, oder der Stern völlig unveränderlich blieb.

Spektrographische Beobachtungen einiger veränderlichen Sterne, hauptsächlich solcher des Algoltypus, hat Prof. Frost mit dem Brucespektrographen der Yerkessternwarte während des Jahres 1905 angestellt.[2]) Die mitgeteilten Ergebnisse sind nur vorläufige, doch zeigen die Messungen, daß die Veränderlichen R Canis majoris, Z Herculis und V Sagittae spektroskopische Doppelsterne sind, und daß ihre Geschwindigkeiten in der Richtung unserer Gesichtslinie sich so verändern, wie es nach der Phase ihres Lichtwechsels erwartet werden muß. Folgendes ist der wesentliche Inhalt der Mitteilungen von Prof. Frost:

R Canis majoris. Der Lichtwechsel dieses Sternes bewegt sich zwischen 5.9 und 6.7 Größe, und die Dauer der Periode beträgt $27^h\ 16^m$. Drei Aufnahmen im Januar, Februar und April ergaben durch Messung der Linienverschiebung im Spektrum, daß die Bewegung in der kreisförmigen Bahn etwa 27 *km* beträgt, und das ganze System sich mit einer Geschwindigkeit von 40 *km* in der Gesichtslinie der Erde nähert. Das Spektrum ist ein Mittelding zwischen den Vogelschen Typen Ia_2 und Ia_3, doch sind die Linien breiter.

Z Herculis. Dieser Stern ist im Maximum 7., im Minimum 8. Größe. Die Linienverschiebungen im Spektrum deuten auf eine Geschwindigkeit in der erwarteten Richtung, auch nähert sich das System der Erde, doch sind sämtliche Messungen etwas unsicher. Das Spektrum ähnelt demjenigen des vorhergenannten Sternes, doch sind die Linien sämtlich schwach. Mit Ausnahme der Andeutung einer Duplizität der Linie $H\gamma$ bei der Aufnahme am 28. August fehlt im Spektrum jede Spur des Begleiters.

U Sagittae. Die Helligkeit schwankt zwischen 6.5 und 9.1 Größe, und die Periode des Lichtwechsels beträgt $3^d\ 9^h\ 8^m$. Das Spektrum gehört zum Oriontypus. Zwei Aufnahmen ergaben Geschwindigkeiten von — 49 und + 69 *km* in der Sekunde. Von Linien, die dem Begleiter angehören könnten, ist in dem Spektrum nichts zu sehen.

U Ophiuchi. Von diesem bekannten Veränderlichen des Algoltypus sind fünf Spektrogramme erhalten worden. Das Spektrum ist das der Orionsterne, aber die Heliumlinien sind schwach, während

[1]) Monthly Notices 1905 **65**. Nr. 9. p. 872.
[2]) Astrophysical Journal 1905. **22**. p. 213.

die Wasserstofflinien und die Linie mit der Wellenlänge λ 4481 äußerst breit und verwaschen erscheinen, auch sind die Messungen auf den Platten sehr schwierig. Die Aufnahmen zeigen, daß das Spektrum zusammengesetzt ist aus zwei Spektren, und deutliche Verschiebungen der Linien stattfinden, doch müssen noch weitere Aufnahmen erfolgen, um bestimmte Zahlenangaben zu ermöglichen.

R X Herculis. Zwei Spektrogramme dieses Veränderlichen wurden erhalten, sie zeigen das wahrscheinliche Vorhandensein der Heliumlinien, doch sind diese sehr schwach. Die Linie λ 4481 erscheint auf der ersten Platte deutlich doppelt, auf der zweiten dagegen einfach. Weitere Aufnahmen sind erforderlich.

Y Cygni. Auch bei diesem Sterne sind noch weitere Aufnahmen notwendig, um sichere Ergebnisse zu erzielen.

R Coronae. Von diesem Veränderlichen wurde im Juli und August je eine Aufnahme des Spektrums erhalten. Sie ergaben eine radiale Geschwindigkeit von 13 *km* pro Sekunde, mit der sich der Stern entfernt. Er war damals ungefähr 7. Größe. Das Spektrum ähnelt demjenigen von α Persei.

Ein wahrscheinlich neuer Stern im Ophiuchus (R S Ophiuchi). Die sogenannten neuen Sterne können in manchen Fällen von Veränderlichen nur durch ihre Spektra unterschieden werden. Das gewöhnliche Verhalten einer Nova ist gekennzeichnet durch ihr plötzliches Sichtbarwerden an einem Punkte des Himmels, wo vordem kein Stern bekannt war, und ihre darauf folgende allmähliche Lichtabnahme, während gleichzeitig ihr Spektrum sich in dasjenige eines Gasnebels verwandelt. Indessen war der neue Stern, welcher 1866 im Sternbilde der Krone aufleuchtete, schon vorher als Sternchen 9. Größe in der Bonner Durchmusterung aufgeführt, und er ist heute noch als Stern 10. Größe sichtbar. Der neue Stern von 1901 (Nova Persei Nr. 2) war nach Ausweis der photographischen Aufnahmen schon früher schwach und veränderlich vorhanden, und die Nova von 1600 (P Cygni) ist noch als Stern 5. Größe sichtbar und zeigt keine merklichen Lichtschwankungen, während η Carinae als Stern 7. Größe erscheint, nachdem er große und unregelmäßige Helligkeitsschwankungen während fast eines Jahrhunderts erlitten hat. Aus den photographischen Aufnahmen des Draper-Memorial ergibt sich, daß die Spektra der Veränderlichen von langer Periode entweder dem dritten Typus, Klasse Md, angehören, in welchem eine oder mehrere der Wasserstofflinien $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ (aber nicht $H\varepsilon$) hell sind, oder dem vierten Typus, Klasse N. Die Spektra der hellen Novae sind sehr kompliziert, aber sobald diese Sterne lichtschwach werden, bleiben nur wenige oder auch nur eine helle Linie sichtbar.

Früher hat Madame Fleming nachgewiesen,[1]) daß der Stern R S Ophiuchi gemäß den photographischen Aufnahmen am 15. Juli 1898 ein Spektrum des dritten Typus zeigte, in welchem die Wasserstofflinien $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ hell waren, und außerdem zwei Linien, welche mit den hellen Banden der Wellenlänge λ 4656 und 4691 im Spektrum von γ Velorum übereinzustimmen schienen. Da diese Banden etwas breit und heller an einem als an dem andern Rande sind, so ist es unmöglich, ihre Wellenlängen genau anzugeben. Das Spektrum ist also sehr ähnlich demjenigen der Nova im Schützen und der Nova in den Zwillingen. Eine tags vorher (am 14. Juli) aufgenommene Photographie bestätigt die Sichtbarkeit der hellen Linien, während eine Photographie vom 28. August 1894 zeigt, daß damals keine Spur von hellen Linien vorhanden war, und das Spektrum zur Klasse K gehörte. Im Jahre 1899 bezeichnete deshalb Madame Fleming, nachdem sie das Spektrum zuerst untersucht, es als dasjenige einer wahrscheinlichen Nova. Nach einer genauen Feststellung der Helligkeit des Sternes seit 1888 aus den Harvardphotographien wies Miss Cannon darauf hin, daß der Stern 1898 eine beträchtliche Helligkeitszunahme während einiger Monate erlitten habe. Die durchschnittlichen jährlichen Helligkeiten desselben waren nach den erwähnten Harvardaufnahmen:

1888	10.86	Größe	1898	— —	Größe
1890	10.88	„	1899	10.56	„
1891	10.78	„	1900	9.67	„
1892	10.65	„	1901	9.82	„
1893	10.26	„	1902	9.97	„
1894	10.46	„	1902	10.28	„
1895	10.36	„	1904	10.24	„
1896	10.21	„	1905	9.78	„
1897	10.50	„			„

Die einzelnen Helligkeitsbestimmungen des Sternes im Jahre 1898 sind in der folgenden Tabelle gegeben:

1898	April	2	10.70	Größe	1898	August	15	9.27	Größe
	Mai	27	10.76	„		„	20	9.32	„
	„	31	10.81	„		Septbr.	7	10.00	„
	Juni	30	7.69	„		„	29	10.28	„
	Juli	14	8.26	„		Oktbr.	8	10.81	„
	„	15	8.22	„					

Aus diesen Angaben wird ersichtlich, daß der Stern vor 1891 10.9 Größe war, dann stufenweise etwa um eine halbe Größenklasse zunahm und so bis 1897 blieb. Im folgenden Jahre war er anfangs schwach 10.8 Größe bis zum 31. Mai; einen Monat später, Ende Juni, dagegen mehr als drei Größenklassen heller und nahm hierauf pro

---

[1]) Havard Coll. Obs. Circular Nr. 76.

Monat um etwa eine Größenklasse ab bis zum 8. Oktober, wo er wiederum auf die Größe 10.8 gesunken war. Im folgenden Jahre (1899) blieb er schwach (10.6 Größe), aber 1900 erreichte er im April die Größe 9.3 und nahm dann im September bis 10.0 Größe ab. Seitdem ist die Lichtänderung gering geblieben. Die besten Platten zeigen am Orte nur einen Stern. Sowohl das Spektrum als die Lichtkurve, sagt Prof. Edward Pickering, zeigen, daß dieses Objekt eher als Nova wie als veränderlicher Stern zu betrachten ist. Seine Bezeichnung wird daher sein: Nova Ophiuchi Nr. 3, da die neuen Sterne vor 1604 und 1848 in dem nämlichen Sternbilde erschienen sind.

Nova Aquilae Nr. 2 1905. Prof. E. Pickering teilte mit, [1]) daß Madame Fleming bei Untersuchung der photographischen Aufnahmen des Draper-Memorial in der Nähe von λ Aquilae einen neuen Stern auf der Platte fand. Der Ort der Nova ist (1900.0) $AR = 18^h\ 59.9^m$, $D - 4°\ 35'$. Vor dem 18. August findet sich auf keiner photographischen Platte eine Spur des Sternes. Bemerkenswert ist, daß es die zweite Nova im Adler ist, die seit 1899 aufleuchtete, beide aber wären ohne die Hilfe der Photographie der Wahrnehmung entgangen. Prof. Pickering gibt eine Tabelle, in welcher die hauptsächlichsten Tatsachen enthalten sind, welche die Prüfung einer Anzahl photographischer Aufnahmen der Umgebung des neuen Sternes ergab. Die früheste Aufnahme datiert vom 22. Mai 1888 und zeigt am Orte der Nova keinen Stern, der die 12. Größe erreichte, das gleiche ergaben Aufnahmen 1890 und 1894, solche aus den Jahren 1896 und 1897 enthalten Sterne 13. bis 14. Größe, aber nichts am Orte der Nova, ebenso wenig zeigt sich dort etwas auf einer Aufnahme von 1903, welche Sterne 15.7 Größe enthält. Die Aufnahme vom 2. August 1905 zeigt, daß die Nova damals schwächer als 11.5 Größe gewesen sein muß, eine solche vom 10. August enthält Sterne 9.7 Größe, aber am Orte der Nova nichts. Dagegen erscheint letztere am 18. August in der Größe 9.07, am 21. in der Größe 9.3, am 26. 10.Größe, am 31. bereits 10.3 Größe. Die Lichtabnahme dauerte nun mit ganz geringen Schwankungen stetig fort: September 1 war der Stern 10.41 Größe, September 9. 10.8 Größe, September 22. bereits von der (photometrischen) Größe, 11.55. Nach allem muß die Nova zwischen dem 10. und 18. August erschienen sein, ein Zeitintervall, welches sich, wie Prof. Pickering hofft, nach Eintreffen der zu Arequipa aufgenommenen Platten verringern wird. Die August 18 aufgenommene Photographie des Spektrums der Nova zeigt die Wasserstofflinien $H\delta$, $H\gamma$, $H\beta$ hell und breit, außerdem Spuren von hellen Banden mit den Wellenlängen λ 4472 und 4646. Auf der Licksternwarte wurde das Spektrum am 6. und 10. September photo-

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 106.

graphisch aufgenommen. Es zeigte sich ähnlich dem Spektrum der Nova Geminorum am 1. April 1903. Aufnahmen mit dem Crossleyreflektor zeigten trotz $2^1/_2$-stündiger Exponierung keine Spur von Nebligkeit um den Stern oder in dessen Nähe.

Die Dispersionsstreifen in den Spektren der Fixsterne. Prof. W. H. Julius hat vor einigen Jahren nachgewiesen, daß in einem Spektrum sowohl helle als dunkle Streifen auch durch anomale Dispersion der Lichtstrahlen hervorgerufen werden können, d. h. dadurch, daß gewisse Strahlenarten viel weiter als die übrigen von dem geraden Wege abgelenkt werden. Dies geschieht stets, wenn die Strahlen auf ihrem Wege Räume durchlaufen, in denen die Materie ungleichmäßig dicht oder aber verschiedenartig zusammengesetzt ist. Er unterscheidet deshalb neben den Emissions- und Absorptionslinien des Spektrums noch eine dritte Gruppe, welche er Dispersionsbanden nennt. Ihr Entstehen hat er für die Natriumlinie experimentell nachgewiesen. In neuester Zeit haben Untersuchungen von Ebert, Wood, Lummer und Pringsheim und Puccianti dargetan, daß die Fähigkeit, anomale Dispersion hervorzurufen, allen Metalldämpfen und auch andern absorbierenden Gasen zukommt.

Eine Verschiebung von Emissions- und Absorptionslinien erfolgt nach dem Ergebnisse der Untersuchungen von Humphreys und Mohler unter dem Einflusse hoher Drucke. Verdopplung und Vervielfältigung von Spektrallinien wird, wie Zeeman entdeckt hat, beobachtet, wenn der strahlende oder absorbierende Stoff sich in einem Magnetfelde befindet. In beiden Fällen verändert sich die Schwingungszeit der Elektronen. Die oben erwähnten Versuche beweisen, daß die Spektrallinien ähnliche Erscheinungen aufweisen können, infolge von Veränderlichkeit der Dispersionsbanden, welche man mit Unrecht als Emissions- oder Absorptionslinien angesehen hat. Da absorbierende Stoffmassen wohl niemals vollkommen homogen sind, müssen die Dispersionsbanden eine mehr oder weniger wichtige Rolle bei beinahe jeder Spektralerscheinung spielen. Viele Erscheinungen, die man an dem Spektrum des Lichtbogens und am Funkenspektrum bei starker Dampfentwicklung beobachtet hat, lassen sich von diesem Standpunkte aus ungezwungen erklären.

Prof. Julius behandelte nun die Frage, welche Rolle die erwähnten Dispersionsbanden nicht nur im Spektrum der verschiedenen Teile der Sonnenoberfläche, sondern auch in den Spektren veränderlicher Fixsterne spielen. [1])

„Es ist,“ sagt Prof. Julius, „sicherlich nicht zu gewagt, die Hypothese aufzustellen, daß viele Sterne eine Struktur besitzen, welche der der Sonne ähnelt. Große Unterschiede mögen ja wohl

---

[1]) Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam 1904. **7**. p. 134. 323. — Phys. Zeitschrift 1905. **6**. p. 239 ff. — Sirius 1905. p. 245.

in der Ausdehnung ihrer Gasmassen und im Grade der Verdichtung bestehen ebenso in ihrer mittlern Temperatur und vielleicht auch im Verhältnisse, in dem die verschiedenen Elemente in den Gemengen vertreten sind, aber wir sehen sie alle als unbegrenzte Gasmassen an, welche Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum aussenden, in dem nur äußerst feine wirkliche Absorptionslinien vorhanden sind. Die Verbreiterungen und Umkehrungen, die dunklen und hellen Banden, welche außerdem anzutreffen sind, und die in den Spektren veränderlicher Sterne häufig schnell sowohl ihr Äußeres, wie ihre Stellung wechseln, sind nach dieser Auffassung nicht der Absorption oder auswählenden Emission, sondern anomaler Dispersion zuzuschreiben.

Bei der Rotation eines Sternes um seine Achse dreht sich auch sein Strahlungsfeld mit. Die Ungleichmäßigkeiten der Stoffverteilung im Systeme seiner Diskontinuitätsflächen, längs derer die uns erreichenden Lichtstrahlen ihren Weg genommen haben, verraten sich im Spektrum des Sternes durch die wechselnde Intensität des Lichtes in der Nähe der wirklichen Absorptionslinien.

Die Literatur über Sternspektra nimmt nicht nur an Umfang, sondern wegen der Verbesserung der Hilfsmittel auch an Bedeutung schnell zu. An Material zur Prüfung unserer Hypothese fehlt es daher nicht. Bei der Durchsicht desselben gelangte ich zu der Überzeugung, daß das ungleichmäßige Strahlungsfeld in den meisten Fällen, in denen die Anwendung des Dopplerschen Prinzips zu sehr unbefriedigenden Ergebnissen führt, eine Aufklärung liefern kann.

Als Beispiele mögen die Sterne i Orionis, 57 Cygni, ϑ Orionis und einige andere genannt werden, die nach Frost und Adams[1]) sich alle in Nebelmassen befinden, und deren Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie nichtsdestoweniger periodische Veränderungen von 70, 90, 140 *km* pro Sekunde erfahren würden, trotz unserer physikalischen Begriffe hinsichtlich Widerstand bietender Mittel. Ferner kommt das Verhalten der spektroskopischen Doppelsterne o Persei, β Aurigae, ζ Ursae majoris[2]) in Betracht, in deren Spektren sich die Linien periodisch verdoppeln oder vervielfältigen, bei denen aber die Komponenten in so regelmäßiger Weise ihr Äußeres und ihre Stellung wechseln, daß keinerlei Bewegungen in der Gesichtslinie, die von den komplizierten Erscheinungen Rechenschaft ablegen könnten, denkbar sind.

Nicht weniger rätselhaft blieben noch immer die Erscheinungen im Spektrum und die Helligkeitsveränderungen der variablen Sterne von langer Periode, wie z. B. Mira Ceti, und der neuen Sterne (Nova Aurigae, Nova Persei, Nova Geminorum usw.), wie heftig man sich

---

1) Astrophysical Journal **18**. p. 386.

2) Vogel, Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. **13**. p. 1119; **14**. p. 497.

auch die Ausbrüche und Zusammenstöße vorstellen möchte, die sich auf diesen Himmelskörpern abspielen sollten.[1])

Die Lösung derartiger Probleme wird sehr vereinfacht, wenn man hierbei den Begriff des ungleichmäßigen Strahlungsfeldes benutzt.

An einem einzigen weiter ausgeführten Beispiele will ich dies noch erläutern.

Dieses Beispiel betrifft eine merkwürdige Entdeckung, die J. Hartmann[2]) im Spektrum von δ Orionis gemacht hat. Bei diesem Sterne hatte Deslandres im Jahre 1900 schnelle Veränderungen der Lage der Spektrallinien beobachtet und daraus geschlossen, daß man es mit einem Doppelsterne zu tun habe, dessen Umlaufszeit 1.92 Tage betrage. Die Beobachtungen von Hartmann stimmten mit dieser Periode nicht; deswegen unterzog Hartmann den Stern zwischen Januar 1901 und März 1903 einer ausführlichen spektrographischen Untersuchung und fand aus einer Reihe von 42 Aufnahmen folgendes:

Das Spektrum enthält hauptsächlich Linien von Wasserstoff und Helium, sowie auch einige von Silizium, Magnesium und Kalzium. Die Kalziumlinie λ 3934 (entsprechend der Linie K des Sonnenspektrums) ist sehr schwach, aber scharf; die übrigen Linien (etwa 20) sind verwaschen und matt und scheinen manchmal asymmetrisch oder sogar verdoppelt zu sein. Bei den Messungen wurde stets so vorsichtig wie möglich auf die dunkelsten Teile der unscharfen Linien eingestellt und gefunden, daß diese sich wirklich periodisch verschoben; aber wegen des unsymmetrischen Äußern vieler Linien konnte man keine Sicherheit darüber erhalten, ob die Verschiebung für alle Linien auf einer und derselben Platte auch den passenden Wert besaß. Aus den durchschnittlichen Verschiebungen berechnete man dann die wechselnde Geschwindigkeit in der Gesichtslinie und hieraus die Elemente der Bahn des Doppelsternes.

Ein rätselhafter Umstand, den die Messungen an den Tag brachten, war nun der, daß eine einzige Linie, und zwar die feine, scharfe Kalziumlinie λ 3934, nicht an den periodischen Verschiebungen teilnahm, sondern stets eine und dieselbe Verschiebung zeigte, die einer konstanten Geschwindigkeit von $+16$ *km* pro Sekunde in der Gesichtslinie (auf die Sonne reduziert) entsprach.

Hartmann verwarf den Gedanken, daß diese Linie auf Rechnung von Absorption in der Erdatmosphäre komme, und auch den, daß sie dem zweiten Sterne des Systems zuzuschreiben sei. Als einziges Mittel, um zu einer Erklärung zu gelangen, nimmt er das Vorhanden-

---

[1]) Sich an die Seeligersche Theorie der neuen Sterne anschließend, hat Ebert für den Grundtypus ihrer Spektra eine auf anomale Dispersion gegründete Erklärung gegeben. Astron. Nachr. Nr. 3917.

[2]) J. Hartmann, Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904. p. **14**. 527,

sein einer Wolke von Kalziumdampf an irgend einer Stelle des Raumes in der Linie an, die uns mit δ Orionis verbindet. Die Wolke würde sich dann von der Sonne mit einer Geschwindigkeit von 16 *km* pro Sekunde entfernen. Bei benachbarten Sternen hat sich aber ein Einfluß dieser Wolke nicht feststellen lassen. Hingegen bot das Spektrum der Nova Persei im Jahre 1901 genau dieselbe Erscheinung dar; die Linien des Wasserstoffes und anderer Elemente waren außerordentlich stark verbreitert und verschoben und änderten fortwährend ihr Aussehen; aber währenddessen blieben die Kalziumlinien λ 3934 und λ 3969 und auch die D-Linien stets vollkommen scharf und veränderten ihre Lage nicht; sie wiesen nur auf eine konstante Geschwindigkeit von +7 *km* pro Sekunde. Auch auf der Gesichtslinie der Nova Persei muß sich daher Hartmann zufolge, eine Wolke von Kalziumdampf, der hier mit Natriumdampf gemengt sein würde, befunden haben.

Man wird zugeben müssen, daß diese hypothetischen Wolken keinen befriedigenden Eindruck machen.

Wenn wir den Fall vom Standpunkte des ungleichmäßigen Strahlungsfeldes aus betrachten, so bietet sich unmittelbar eine ungezwungene Erklärung. Wir brauchen nur anzunehmen, daß in den äußersten Teilen von δ Orionis und der Nova Persei viel Wasserstoff und Helium und wenig Kalzium und Natrium vorhanden ist. Die Strömungen und Wirbel in der Gasmasse, die ebenso wie bei der Sonne die Ungleichmäßigkeiten im Strahlenfelde erzeugen, verursachen dann in der Umgebung der Wasserstoff- und Heliumlinien sehr breite Dispersionsbanden, deren dunkelste Teile sich periodisch hin- und herbewegen, wenn bei der Achsenrotation des Sternes Gasmassen von wechselnder Dichteverteilung längs unserer Gesichtslinie vorbeiziehen. Die Dispersionsbanden von Kalzium und Natrium sind hingegen (da diese Gase sich in sehr verdünntem Zustande befinden) so schmal, daß ihre Lage von denen der dazu gehörenden Absorptionslinien nicht zu unterscheiden ist. Die konstant bleibende Verschiebung dieser Linien beweist, daß δ Orionis sich mit einer Geschwindigkeit von 16 *km* und Nova Persei mit einer Geschwindigkeit von 7 *km* von der Sonne entfernt.

Nach unserer Auffassung braucht δ Orionis also kein spektroskopischer Doppelstern zu sein.

Es gibt viele Sterne, in deren Spektrum man periodische Verschiebungen und Verdopplungen nur bei unscharfen Linien beobachtet hat. In allen diesen Fällen ist es sehr wahrscheinlich, daß dasjenige, dessen Veränderung man beobachtet hat, Dispersionsbanden und nicht Absorptions- oder Emissionslinien waren. Zur Annahme einer veränderlichen Geschwindigkeit in der Gesichtslinie fehlt dann jeder Grund, und man kann solche Objekte aus der Liste der spektroskopischen Doppelsterne streichen."

Doppelsterne auf der Licksternwarte neu entdeckt. W. J. Hussey veröffentlichte das 8. bis 10. Verzeichnis am Lickrefraktor von ihm entdeckter Doppelsterne.[1] Die Gesamtzahl dieser von Hussey entdeckten und vermessenen Doppelsysteme steigt damit auf 1200.

Die Bahn des Doppelsternes γ Coronae ist von W. Doberck neu berechnet worden,[2] wobei er die Beobachtungen von 1826 bis 1901 benutzte. Die erhaltenen Bahnelemente sind folgende:

☊ = 113° 30′	Umlaufsdauer	79.63 Jahre
λ = 254 55		
γ = 80 8	Periastrum	1839.60
e = 0.3589		
a = 0.598″		

Die Bahn des Doppelsternes ξ Scorpii. Es ist der Stern Σ 1998, und zwar der nähere Begleiter dieses dreifachen Systems. Er wurde von Aitken seit 1897 auf der Licksternwarte beobachtet, und gibt derselbe[3] jetzt folgende verbesserte Elemente des Systems:

P = 44.5 Jahre
T = 1905.4
e = 0.767
a = 0.701
☊ = 20.40°
i = 29.10°

Die Bahn des Doppelsternes ζ Sagittarii hat W. Doberck aus den Beobachtungen von 1879 bis 1901 berechnet.[4] Er findet die Umlaufsdauer des Begleiters = 21.62 Jahre, die halbe große Achse der Bahn = 0.576″, die Exzentrizität = 0.1919, Zeit des Periastrums 1899.86. Gegenwärtig beträgt der scheinbare Abstand des Begleiters von seinem Hauptsterne, d = 0.21″, der Positionswinkel p = 298.6°. Die Distanz wird sich in den nächsten fünf Jahren langsam vergrößern und 1908 etwa 0.5″ betragen.

Der Doppelstern 82, den Burnham 1875 entdeckte, ist seit 1897 auf der Licksternwarte beobachtet worden, und R. G. Aitken gibt jetzt[5] folgende Bahnelemente desselben:

P = 24.0 Jahre	☊ = 110.8°
T = 1899.7	ω = 159.4°
e = 0.15	i = +76.65°
a = 0.66″	μ = +15.00°

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 65. 74. 77. 81.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4041.
[3]) Lick Obs. Bulletin Nr. 80.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 3970.
[5]) Path. Astron. Soc. of Pacific 1905. Nr. 1011. p. 26.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes ζ Tauri ist von Walter S. Adams berechnet worden.[1]) Schon 1903 hatten die spektrographischen Aufnahmen von Prof. Frost und Adams die veränderliche Eigenbewegung dieses Sternes und damit seinen Charakter als spektroskopischer Doppelstern erkennen lassen. Seitdem wurden noch weitere Aufnahmen erhalten, so daß der Berechner über 24 Platten verfügte, die zwischen 1902 Februar 12. und 1905 März 24 erhalten worden waren. Aus diesen fand sich, daß die Umlaufsdauer des Systems um den gemeinsamen Schwerpunkt 183 Tage beträgt, und die Gesamtgeschwindigkeit desselben in bezug auf die Sonne 16.4 *km*, um welche sich dasselbe von uns entfernt. Die halbe große Achse der Bahn beträgt mindestens 27900000 *km*, die Exzentrizität 0.180. Die Zeit des Periastrums fällt mit der Zeit der größten radialen Geschwindigkeit zusammen, woraus folgt, daß die große Achse der Bahn nahezu senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde steht.

Katalog der berechneten Bahnen sichtbarer Doppelsterne. Eine kritische Untersuchung der bisher berechneten Bahnen sichtbarer Doppelsterne hat Prof. N. G. Aitken ausgeführt[2]) und ist damit einem sehr lebhaft empfundenen Bedürfnisse entgegengekommen. Wo mehrere Bahnen berechnet sind, hat er durchgängig der letztberechneten den Vorzug gegeben, doch gibt es auch Fälle, in denen ohne große Willkür nicht ausgewählt werden kann. Die Bahnen wurden in zwei Listen verteilt, von denen die erste alle diejenigen enthält, welche offenbar beträchtliche Annäherungen an die Wirklichkeit darstellen, die zweite alle diejenigen, welche von geringem praktischen Werte sind. Von letztern in der ersten Tabelle bezeichnet: P die Umlaufsdauer in Jahren, T die mittlere Greenwicher Zeit des Durchganges durch das Periastrum, e die Exzentrizität, a die halbe große Achse der Bahn in Bogensekunden, ☊ den Positionswinkel der Schnittlinie der Bahnebene mit der rechtwinklig zur Gesichtslinie stehenden Ebene, ω die Winkeldistanz des Periastrums von ☊ gemessen längs der Bahn in der Bewegungsrichtung des Begleiters von 0° bis 360°, i die Neigung der Bahnebene, d. h. den Winkel zwischen dieser und der Ebene rechtwinklig zur Gesichtslinie. Der Wert von i liegt zwischen 0° und $\pm$ 90°, und i ist positiv, wenn die Bahnbewegung am Knotenpunkte (☊) vom Beobachter fortgerichtet ist, negativ, wenn sie auf den Beobachter hin gerichtet ist; M ist die mittlere jährliche Bewegung des Begleiters, gemessen in der Richtung seiner Bewegung.

---

[1]) Astrophysik. Journal 1905. **22**. p. 115.

[2]) Lick Obs. Bulletin Nr 84.

Stern	P	T	e	a	ω	☊	i	log μ
1 δ Equulei . .	5.70	1901.18	0.54	0.″25	181.°0	24.°1	±74.°5	1.80043
2 κ Pegasi . . .	11.37	1897.37	0.40	0.29	106.1	109.2	77.5	1.50054
3 ε Hydrae . .	15.70	1901.10	0.685	0.24	264.7	109.5	54.5	1.36040
4 β 883	16.35	1890.42	0.48	0.24	155.0	69.7	28.5	1.34278
5 ζ Sag.	21.17	1900.37	0.185	0.565	1.4	75.5	69.4	1.23058
6 9 Argus . . .	23.3	1892.7	0.68	0.61	73.6	95.6	76.6	1.18894
7 Ceti 82 . . .	24.00	1899.70	0.15	0.66	159.4	110.8	76.65	1.17609
8 42 Comae . .	25.56	1885.69	0.461	0.642	280.5	11.9	90.0	1.14884
9 85 Pegasi . .	25.70	1883.70	0.43	0.78	261.5	123.5	49.0	1.14637
10 β Delphini. .	27.66	1883.10	0.363	0.475	351.95	178.9	60.9	1.11445
11 20 Persei. . .	27.7	1883.8	0.475	0.237	85.5	132.4	73.6	1.11382
12 Σ 3121 . . .	34.00	1878.30	0.33	0.669	127.52	28.52	75.0	1.02482
13 ζ Herc. . . .	34.53	1898.42	0.457	1.355	112.58	54.06	47.82	1.01810
14 η Cor. bor. .	41.51	1892.28	0.278	0.891	219.35	24.09	59.18	0.93815
15 ξ Scorpii . . .	44.5	1905.4	0.767	0.701	352.6	20.4	29.1	0.90794
16 μ^1 Herc. BC.	45.39	1880.14	0.214	1.369	181.98	62.11	67.01	0.89934
17 β 416	45.90	1891.56	0.618	1.93	68.57	135.73	49.73	0.89449
18 Σ 2173 . . .	46.0	1869.50	0.20	1.143	322.2	153.7	80.75	0.89354
19 OΣ 269 . . .	48.4	1883.4	0.38	0.36	29.9	50.8	±71.2	0.87145
20 Sirius	48.84	1894.09	0.588	7.594	147.89	44.50	+46.03	0.86752
21 OΣ 298 . . .	52.0	1883.0	0.581	0.799	26.1	1.9	±60.9	0.84030
22 γ And. BC. .	55.0	1892.0	0.82	0.346	201.2	113.5	76.6	0.81594
23 τ Cygni . . .	57.25	1890.25	0.370	1.16	121.8	161.4	55.6	0.79852
24 ζ Cancri . . .	59.11	1868.11	0.381	0.858	250.26	80.19	11.14	0.78464
25 ξ Urs. maj. .	60.0	1875.22	0.397	2.508	126.33	100.8	55.92	0.77815
26 99 Herc. . .	64.52	1884.00	0.811	1.282	120.1	28.47	52.97	0.74661
27 OΣ 235 . . .	66.0	1906.72	0.50	0.83	131.0	85.3	45.6	0.73676
28 γ Cor. bor. .	73.0	1841.0	0.482	0.736	97.95	110.7	82.63	0.69298
29 OΣ 234 . . .	77.0	1880.10	0.302	0.347	206.6	157.5	50.6	0.66981
30 OΣ 400 . . .	81.04	1888.23	0.46	0.47	7.0	157.1	59.9	0.64760
31 α Cent. . . .	81.185	1875.715	0.529	17.71	52.02	25.10	79.36	0.64683
32 γ Cent. . . .	88.0	1848.0	0.800	1.023	194.3	4.6	62.15	0.61182
33 70 Oph. . . .	88.395	1896.466	0.500	4.548	198.25	125.7	58.42	0.60987
34 OΣ 387 . . .	90.0	1838.0	0.600	0.66	284.7	129.55	65.75	0.60206
35 OΣ 285 . . .	97.93	1883.56	0.595	0.34	262.86	186.50	0.	0.56538
36 Φ Urs. maj..	99.70	1882.46	0.438	0.32	342.15	Unbest.	14.62	0.55760
37 Σ 3062 . . .	104.61	1836.26	0.450	1.371	90.9	47.15	43.85	0.53673
38 ω Leonis . . .	116.20	1842.10	0.537	0.882	124.22	146.70	63.47	0.49109
39 Σ 228	123.1	1905.19	0.309	0.899	4.87	90.68	66.00	0.46604
40 ξ Bootis . . .	148.46	1908.95	0.545	4.988	33.72	175.40	41.87	0.38469
41 γ Cor. aus. .	152.7	1876.80	0.420	2.453	180.2	72.3	34.0	0.37246
42 Σ 2	166.24	1890.87	0.40	0.55	316.1	154.9	70.2	0.33557
43 o^2 Erid. . . .	180.03	1843.18	0.134	4.791	319.54	150.82	63.25	0.30096
44 25 Can. V. .	184.0	1866.0	0.752	1.131	201.0	123.0	33.5	0.29148
45 Σ 2107 . . .	186.21	1893.33	0.387	1.0	104.05	186.3	45.86	0.28630
46 γ Virg.. . . .	194.0	1836.53	0.897	3.989	270.0	50.4	31.0	0.26850
47 55 Tauri . . .	200.0	1896.9	0.76	0.85	83.7	87.5	57.9	0.25527
48 48 τ Oph. . .	230.0	1815.0	0.592	1.25	18.05	76.4	57.6	0.19457
49 Σ 1879 . . .	238.0	1868.3	0.700	1.06	151.40	74.10	57.6	0.17972
50 μ^2 Bootis . .	275.73	1864.59	0.601	1.482	338.09	175.07	45.67	0.11582
51 Σ 2525 . . .	306.7	1887.9	0.957	1.41	283.62	25.0	57.07	0.06959
52 η Cass. . . .	327.87	1899.00	0.409	9.48	131.60	78.80	32.28	0.04060
53 Castor	346.82	1869.82	0.441	5.756	277.57	33.93	±63.62	0.01620

In einem zweiten Verzeichnisse faßt Prof. Aitken diejenigen Sterne zusammen, für welche nur wenig genaue Bestimmungen der scheinbaren Ellipse, die der Begleiter um den Hauptstern beschreibt, vorliegen. Aus diesen Tabellen folgt hier der wesentlichste Inhalt. Es bezeichnet darin a die halbe große und b die halbe kleine Achse der scheinbaren Bahn, p den Winkel der halben großen Achse, p′ den Winkel des Periastrums, d die Distanz des Sternes vom Zentrum, m und m′ die Helligkeiten des Hauptsternes in Sterngrößen, α und β die Rektaszension und Deklination des Hauptsternes.

Stern	a	b	p	p′	d	m m′	α	δ
	″	″	°	°	″		h m s	° ′
1 OΣ 535 . .	0.50	0.11	24.0	204.0	0.13	4.5— 5.0	21 0 37	+ 9 36
2 β 989 . . .	0.54	0.13	110.0	326.0	0.04	4.8— 5.3	21 40 7	+25 11
3 Schiap. . .	0.37	0.29	116.6	10.4	0.10	4.0— 6.0	8 41 29	+ 6 47
4 β 883 . . .	0.47	0.37	57.2	227.4	0.11	7.0— 7.0	4 45 40	+10 54
5 Winlock .	1.13	0.39	75.0	75.0	0.10	3.4— 3.6	18 56 15	—30 1
6 β 101 . . .	0.937	0.275	98.7	133.8	0.15	5.7— 6.3	7 47 09	—13 38
7 β 395 . . .	1.32	0.30	111.0	51.6	0.09	6.3— 6.4	0 32 12	—25 19
8 Σ 1728 . .	1.147	0.00	11.9	11.9	0.054	6.0— 6.0	13 5 7	+18 4
9 β 733 . . .	1.48	1.02	126.1	20.7	0.22	5.8—11.0	23 56 57	+26 33
10 β 151 . . .	0.96	0.41	178.4	175.0	0.17	4.6— 5.0	20 32 52	+14 15
11 β 524 . . .	0.42	0.13	131.5	58.0	0.03	5.6— 6.4	2 47 24	+37 56
12 Σ 3121 . .	1.318	0.349	27.4	189.6	0.142	7.2— 7.5	9 11 57	+29 0
13 Σ 2084 . .	2.46	1.77	61.3	292.3	0.45	3.1— 6.5	16 37 33	+31 47
14 Σ 1937 . .	1.76	0.89	25.6	226.9	0.21	5.5— 6.0	15 19 4	+30 39
15 Σ 1998 . .	1.464	0.802	11.0	13.5	0.561	5.0— 5.2	15 58 52	—11 6
16 A. C. 7 . .	2.74	1.04	62.2	242.9	0.29	10.0—10.1	17 42 33	+27 47
17 β 416 . . .	3.22	2.36	119.9	77.0	0.84	6.0— 8.0	17 12 9	—34 53
18 Σ 2173 . .	2.22	0.35	154.5	160.8	0.18	6.0— 6.4	17 25 15	— 0 59
19 OΣ 269 . .	0.71	0.22	52.1	61.3	0.12	6.5— 7.0	13 28 20	+35 25
20 A. GC. 1 . .	14.59	8.88	55.4	248.1	4.13	1.4—10.0	6 40 45	—16 35
21 OΣ 298 . .	1.546	0.656	186.9	15.3	0.427	7.0— 7.3	15 32 29	+40 8
22 OΣ 38 . .	0.66	0.10	110.1	288.4	0.27	5.0— 6.2	1 57 46	+41 51
23 A. G. C. 13	2.18	1.25	165.6	24.8	0.30	3.9—10.0	21 10 48	+37 37
24 Σ 1196 . .	1.69	1.58	15.3	190.3	0.32	5.5— 6.2	8 6 29	+17 57
25 Σ 1523 . .	4.76	2.70	104.6	318.0	0.75	4.0— 4.9	11 12 51	+32 6
26 A. C. 15 .	1.99	1.16	178.9	162.4	0.75	6.0—11.7	18 3 14	+30 33
27 OΣ 235 . .	1.55	1.05	75.2	228.7	0.35	6.0— 7.3	11 26 41	+61 38
28 Σ 1967 . .	1.30	0.175	111.3	329.6	0.068	4.2— 7.0	15 38 33	+26 37
29 OΣ 234 . .	0.695	0.437	158.0	355.2	0.098	7.0— 7.4	11 25 25	+41 50
30 OΣ 400 . .	0.93	0.42	155.9	153.5	0.21	7.2— 8.2	20 6 54	+43 39
31 Richaud .	32.2	6.1	26.9	38.4	5.92	0.1— 1.9	14 32 49	—60 25
32 h 5370 . .	2.10	0.58	0.1	177.8	0.794	3.2— 3.2	12 36 00	—48 25
33 Σ 2272 . .	9.00	4.17	122.9	295.8	2.198	4.1— 6.1	18 0 24	+ 2 31
34 OΣ 387 . .	1.08	0.53	133.7	309.6	0.19	7.2— 8.2	19 46 00	+35 4
35 OΣ 285 . .	0.68	0.54	82.9	262.9	0.20	7.1— 7.6	14 41 44	+42 48
36 OΣ 208 . .	0.64	0.56	172.8	169.2	0.14	5.0— 5.6	9 45 18	+54 32
37 Σ 3062 . .	2.526	1.984	45.7	138.4	0.446	6.9— 8.0	0 1 2	+57 53
38 Σ 1356 . .	1.576	0.738	141.1	293.4	0.317	6.2— 7.0	9 23 6	+ 9 30
39 Σ 228 . . .	1.80	0.70	90.9	92.7	0.28	6.7— 7.6	2 7 38	+47 1
40 Σ 1888 . .	9.62	6.46	163.6	149.0	2.53	4.7— 6.6	14 46 47	+19 31
41 h 5084 . .	4.906	3.661	72.2	252.1	1.033	5.1— 5.1	18 59 40	—37 12
42 Σ 2	1.10	0.18	152.7	173.0	0.17	6.3— 6.6	0 3 48	+79 10
43 Σ 518 . . .	9.54	4.28	151.1	171.8	0.52	9.2—10.9	4 10 45	— 7 49

Stern	a	b	p	p'	d	m m'	α	δ
	″	″	°	°	″		h m s	° ′
44 Σ 1768 . .	1.91	1.08	108.9	285.4	0.714	5.0— 8.5	13 33 1	+36 48
45 Σ 2107 . .	1.85	1.38	2.6	296.0	0.28	6.5— 8.0	16 47 53	+28 50
46 Σ 1670 . .	6.824	3.530	140.4	140.4	3.062	3.6— 3.6	12 36 36	— 0 54
47 OΣ 79. . .	1.12	0.89	99.6	165.8	0.35	7.0— 8.8	4 14 11	+16 17
48 Σ 2262 . .	2.46	1.09	80.0	85.8	0.712	5.0— 5.7	17 57 38	— 8 11
49 Σ 1879 . .	2.02	0.85	82.8	270.4	0.68	7.8— 8.8	14 41 23	—10 4
50 Σ 1938 . .	2.90	1.69	3.0	190.7	0.86	6.7— 7.3	15 20 44	+37 42
51 Σ 2525 . .	1.64	0.77	86.3	91.0	0.78	8.0— 8.2	19 22 30	+27 7
52 Σ 60	18.70	14.63	37.8	215.2	3.55	4.0— 7.6	0 43 3	+57 17
53 Σ 1110 . .	10.36	5.10	35.0	107.3	1.17	2.7— 3.7	7 28 13	+32 6

Stern		Umlaufz. i. Jahren	m m'	α	δ
		y		h m s	° ′
54 β 612		30.0	6.4— 6.5	13 34 39	+11 15
55 Schaeberle	Procyon	40.0	0.5—13.5	7 34 4	+ 5 29
56 h 4786	γ Lupi	83.0	3.7— 3.2	15 28 28	—40 50
57 OΣ 149.		85.9	6.5— 9.0	6 30 11	+27 22
58 OΣ 413	λ Cygni	93.4	5.0— 6.3	20 43 31	+36 7
59 A. C. 5	8 Sextantis . .	93.9	5.3— 5.6	9 47 33	— 7 38
60 OΣ 82		97.9	7.0— 9.0	4 17 4	+14 49
61 OΣ 215.		107.9	7.0— 7.2	10 10 49	+18 14
62 Δ 15		109.	8.4— 8.7	16 40 50	+43 40
63 Σ 2912		117.5	5.8— 7.2	22 24 55	+ 3 55
64 Σ 2729	4 Aquarii . . .	129.0	6.8— 8.1	20 46 8	— 6 00
65 OΣ 4		135.2	7.4— 8.1	0 11 30	+35 56
66 OΣ 20	66 Piscium . .	136.2	5.9— 7.0	0 49 17	+18 39
67 Σ 73	36 Androm. .	137.5	6.2— 6.8	0 49 36	+23 5
68 Σ 1216		174.7	7.5— 8.0	8 16 16	— 1 17
69 Σ 1536	ι Leonis	178.6	3.9— 7.1	11 18 43	+11 5
70 Σ 1639	68 Com. Ber. .	180.	6.7— 7.9	12 19 26	+26 8
71 OΣ 18		182.8	7.4— 9.5	0 37 14	+ 3 37
72 OΣ 98	14 Orionis . .	190.5	6.0— 6.8	5 2 26	+ 8 22
73 OΣ 489	π Cephei . . .	198.4	5.2— 7.0	23 4 43	+74 51
74 Σ 1785		199.2	7.6— 8.0	13 44 32	+27 29
75 OΣ 224		223.7	7.2— 9.2	10 34 28	+ 9 22
76 Σ 367		224.0	8.0— 8.0	3 8 54	+ 0 22
77 Σ 1687	35 Com. Ber. .	228.4	5.1— 7.8	12 48 22	+21 47
78 Σ 2055	λ Ophiuchi . .	233.9	4.0— 6.1	16 25 52	+ 2 12
79 Σ 1909	44 Bootis . . .	261.1	5.2— 6.1	15 0 30	+48 3
80 Σ 1757		276.9	7.8— 8.9	13 29 11	+ 0 12
81 Dunlop 5	p Eridani . . .	302.4	6.0— 6.1	1 35 59	—56 42
82 Σ 1819		340.1	7.9— 8.0	14 10 18	+ 3 36
83 Σ 2032	σ Cor. Ber. . .	370.0	5.0— 6.1	16 10 57	+34 7
84 Σ 2579	δ Cygni	376.6	3.0— 7.9	19 41 51	+44 53
85 Σ 1424	γ Leonis. . . .	407.0	2.0— 3.5	10 14 28	+20 21
86 Σ 186		407.6	7.2— 7.2	1 50 43	+ 1 21
87 Σ 948	12 Lyncis . . .	485.8	5.2— 6.1	6 37 24	+59 33
88 Σ 2026		522.0	8.6— 9.1	16 11 4	+ 7 37
89 Σ 2130	μ Draconis . .	648.0	5.9— 6.0	17 3 16	+54 36
90 Σ 2758	61 Cygni . . .	782.6	5.5— 6.3	21 2 25	+38 15
91 Σ 2909	ζ Aquarii . . .	1578.3	4.0— 4.1	22 23 41	— 0 32

Erster Katalog der spektroskopischen Doppelsterne. W. W. Campbell und Heber D. Curtis haben ein Verzeichnis der bis jetzt

aufgefundenen spektroskopischen Doppelsysteme zusammengestellt[1]) und mit folgenden erläuternden Bemerkungen versehen:

„Die Literatur über die Entdeckungen und Beobachtungen dieser Systeme ist sehr zerstreut; die Vorarbeiten zu den Beobachtungen mit dem Millsspektrographen haben uns indessen dazu geführt, die einzelnen Angaben zu sammeln und in eine Tabelle zu bringen. Es scheint nun die Zeit gekommen, daß deren Veröffentlichung, welche wir unter der Bezeichnung „Erster Katalog der spektroskopischen Doppelsterne“ unternehmen, für manche Forscher auf diesem und verwandten Gebieten der Astronomie nützlich sein wird. Die Anordnung dieses Kataloges und sein Inhalt bedürfen einiger Erläuterungen.

Die in demselben bei den einzelnen Sternen angegebenen Rektaszensionen und Deklinationen sind dem Draperkatalog entnommen, die sichtbaren Helligkeiten (Größenklassen) der Sterne dem 45. Bande der Annalen des Harvardobservatoriums. Die Helligkeitsangaben der Sterne, die sich dort nicht fanden, wurden der Bonner Durchmusterung, und falls sie am südlichen Himmel stehen, der Uranometrie von Gould entnommen. Die Helligkeiten der veränderlichen Sterne sind dem 3. Teile des 48. Bandes der Annalen der Harvardsternwarte entlehnt. Wo drei Bezeichnungen des Spektraltypus eines Sternes angegeben sind, ist die erste diejenige des Draperkataloges, die zweite die der letzten Klassifikation des Harvardobservatoriums,[2]) die dritte diejenige, welche in Potsdam gebräuchlich ist.[3]) Ein Kreuz bedeutet, daß die Angaben noch beträchtlich unsicher sind. In Fällen, in welchen die Spektra beider Komponenten beobachtet sind, ist dies angegeben. Es ist wenigstens zurzeit noch nicht angebracht, die spektroskopischen Doppelsterne auf dieser Basis in zwei Gruppen zu trennen, da einzelne Sterne, die jetzt nur ein einziges Spektrum erkennen lassen, möglicherweise die Spektra beider Komponenten zeigen können. Streng genommen sind die folgenden sechs Sterne α_1 α_2 Geminorum, γ Leonis, γ Virginis, α Centauri, 61 Cygni und δ Equulei bis jetzt noch nicht als spektroskopische Doppelsterne beobachtet worden. Die Differenzen der radialen Geschwindigkeit ihrer Komponenten sind gemessen worden, aber diese Differenzen haben noch keine Veränderungen gezeigt. Indessen kann ihre Aufnahme in das Verzeichnis wohl nicht beanstandet werden. Für jeden am Fernrohre erkennbaren Doppelstern besteht die Möglichkeit, auch spektroskopisch als solcher durch den Spektrographen nachgewiesen zu werden, aber bei den gegenwärtigen Hilfsmitteln ist die Zahl der hierzu geeigneten Sterne für die nächste Zukunft beschränkt, daher diejenigen, welche nach dieser Richtung untersucht wurden, sehr wohl in das spektrographische Verzeichnis aufgenommen werden können.

---

[1]) Lick. Obs. Bulletin Nr. 79.

[2]) Annals **28**, Part. 1 und 2 und **45**.

[3]) Potsdamer Publikation **12**, 1. Teil.

Die Anzahl der spektroskopischen Doppelsterne, die auch in unsern mächtigsten Teleskopen nicht getrennt werden können, ist sehr groß. Von sieben mit dem Millsspektrographen untersuchten Sternen ergab sich durchschnittlich wenigstens einer als untrennbarer Doppelstern mit kurzer Umlaufsperiode. Für die Sterne des „Oriontypus", die speziell mit dem Brucespektrographen untersucht worden sind, ist das Verhältnis sogar 1 : 3.

Nur solche spektroskopische Doppelsterne sind bis jetzt aufgefunden worden, deren Umlaufsperioden verhältnismäßig kurz, und bei denen die Verschiedenheiten der radialen Geschwindigkeit beträchtlich sind. Die kleinste beobachtete Veränderlichkeit seiner Geschwindigkeit zeigt der Polarstern, nämlich 6 *km* in der Sekunde. Würde dieselbe nur 1 *km* betragen, so wäre sie ohne Zweifel der Wahrnehmung entgangen. Solche Differenz ist zwar mit unsern heutigen instrumentellen Mitteln nachweisbar, aber sie würde die Aufmerksamkeit eines Beobachters nicht auf sich gezogen haben, und die Entdeckung wäre einer spätern Zeit vorbehalten geblieben. Es ist wahrscheinlich, daß es mehr Doppelsysteme gibt, in denen die radiale Geschwindigkeit um weniger als 6 *km* variiert, als solche, bei denen sie größer ist; erstere bleiben also zukünftigen Entdeckungen aufbehalten. Da unsere Sonne von einer Anzahl Planeten umkreist wird, so muß die Geschwindigkeit, mit der sie sich durch den Weltraum bewegt, ebenfalls etwas veränderlich sein, da sie dabei um den gemeinsamen Schwerpunkt des Systems sich dreht. Indessen ist diese Bahn um den Schwerpunkt (der sich nie weit vom Sonnenzentrum entfernen kann) klein, und die entsprechende Geschwindigkeit erreicht nur etwa 0.03 *km* in der Sekunde. Ein im Weltraume befindlicher Beobachter, der über Instrumente verfügte, welche diese Geschwindigkeitsänderung zuverlässig zu messen gestatteten, würde hieraus allein den Schluß ziehen können, daß die Sonne von Planeten umkreist werde. Unsere irdischen Beobachter besitzen gegenwärtig nicht die Mittel, so geringe kosmische Geschwindigkeitsänderungen nachzuweisen. Da die Schärfe unserer Meßmethoden mit der Erfahrung zunehmen wird, so wird dementsprechend auch die Zahl der entdeckten spektroskopischen Doppelsterne beträchtlich wachsen. Wirklich scheint schon gegenwärtig der Schluß statthaft, daß die Sterne, welche keine dunklen Begleiter besitzen, zu den seltenen Ausnahmen zählen; ferner, daß die Wahrscheinlichkeit großer Begleiter bedeutender ist als kleiner, und endlich, daß die Einrichtung unseres Sonnensystems (in welchem der Zentralkörper ungeheuer an Masse überwiegt) zu den extremsten Typen gehört, keineswegs aber den Durchschnittstypus darstellt.

Die Zahl der mit unsern heutigen Mitteln nachweisbaren spektroskopischen Doppelsterne umfaßt sicherlich einen großen Teil der Sterne bis zur 8. photographischen Größenklasse. Letztere bezeichnet zurzeit die Grenze für erfolgverheißende Untersuchungen.

Man darf nämlich nicht vergessen, daß im Spektrum das Licht der Sterne über eine große Fläche ausgebreitet wird, so daß die Aufnahmen des Spektrums eines Sternes 9. Größe bei mäßiger Dispersion, vielleicht der photographischen Aufnahme eines Sternes 20. Größe mit unsern größten Reflektoren entspricht. Dann aber erfordert die genaue Ausmessung eines bei mäßiger Dispersion aufgenommenen Spektrums, daß das Bild von genügender Intensität und die Aufnahmeverhältnisse günstige waren. Die Astronomen Hussey und Aitken haben gefunden, daß unter den Sternen heller als 9. Größe im 36-zölligen Refraktor je einer von achtzehn als doppelt erkannt wird mit einem Abstande des Begleiters von weniger als 5″, und diese Zahl nimmt mit zu, wenn man zu immer schwächern Sternen übergeht. Der Spektrograph ist dagegen in bezug auf Darstellung von Doppelsystemen unabhängig von deren Entfernung von uns, vorausgesetzt, daß die Sterne Licht genug haben, um das Spektrum untersuchen zu können.

In keinem Falle ist es bis jetzt gelungen, einen spektroskopisch entdeckten Begleiter an einem unserer mächtigsten Teleskope direkt zu sehen. Der Abstand dieser Begleiter von ihrem Hauptsterne ist bei den meisten spektroskopischen Doppelsternen wahrscheinlich geringer als 0.01″. Bei wenigen Systemen konnten die Spektra beider Komponenten dargestellt werden. Daraus folgt jedoch nicht, daß der Begleiter dunkel ist, sondern nur, daß er wenigstens zwei photographische Größenklassen schwächer sein muß als der sichtbare Hauptstern. Ein Begleiter 4. Größe eines Hauptsternes 2. Größe würde schwerlich die Linien seines Spektrums im Spektrum des Hauptsternes ausdrücken. Daher könnten die jetzt unsichtbaren Begleiter mehrerer spektroskopischer Doppelsterne gar wohl augenfällige Sterne sein, wenn sie für sich allein vorhanden wären.

Es ist klar, daß zukünftige Kataloge der spektroskopischen Doppelsterne vielleicht Tausende derselben enthalten können. Daher ist es weder möglich, noch wünschenswert, die einzelnen Beobachtungsdaten mit aufzunehmen. Die zahlreichen leeren Räume in den Kolonnen des nachfolgenden Verzeichnisses, welche die Bahnelemente der spektroskopischen Doppelsterne umfassen, zeigen, wieviel noch in dieser Beziehung zu tun ist.“ In dem Originalkataloge werden die Spektraltypen der Sterne, ferner die Zeiten des Periastrums und literarische Nachweise aufgeführt. Diese sind in der nachfolgenden Wiedergabe des Kataloges fortgelassen. Die halbe große Achse der Bahn ist der geringste Wert, den sie haben kann; ist die Bahnebene gegen die Gesichtslinie geneigt, was aus den Beobachtungen nicht ermittelt werden kann, so sind die wahren Dimensionen entsprechend größer. Es bezeichnet ferner ω den Positionswinkel des Periastrums, und bei den Geschwindigkeitsangaben bedeutet —, daß sich das System uns nähert, +, daß es sich von uns entfernt.)

Nr.	Stern	R.A. 1900	Dekl. 1900	Größe Vis.	Größe Phot.	Periode	Exzentrizität	ω	Halbmesser der Bahn	Geschwindigkeit des Systems
		h m	° ′					° ′	km	km
1	α Andromedae	0 3.2	+28 33	2.3	2.8	100d †	groß	—	—	—
2	α Phoenicis	21.3	—42 51	2.4	2.6	lang	—	—	—	—
3	π Andromedae	31.5	+33 10	4.5	4.5	kurz	—	—	—	—
4	ξ Cassiopeiae	36.5	+49 58	4.9	4.9	kurz†	—	—	—	—
5	ν Andromedae	44.3	+40 32	4.4	4.7	,,	—	—	—	—
6	η Andromedae	51.9	+22 52	4.6	5.4	—	—	—	—	—12
7	α Ursae Minoris	1 22.6	+88 46	2.1	4.4	3.9683d	0.2001	113 33.9	160400	var.
8	γ Phoenicis	24.0	—43 50	3.5	—	190d	—	—	—	—
9	φ Persei	37.4	+50 11	4.2	4.3	—	—	—	—	—
10	ζ Ceti	46.5	—10 50	4.0	4.9	mehr. Jahre	—	—	—	—
11	ξ Piscium	48.4	+ 2 42	4.9	5.4	lang	—	—	—	—
12	β Arietis	49.1	+20 19	2.7	3.7	—	—	—	—	—
13	g Persei	55.6	+54 1	5.0	—	—	—	—	—	—
14	ξ_1 Ceti	2 7.7	+ 8 23	4.6	5.1	—	—	—	—	—
15	δ Ceti	34.4	— 0 6	3.9	4.1	kurz	—	—	—	—
16	12 Persei	35.9	+39 46	5.0	5.3	,,	—	—	—	—24
17	τ Persei	47.2	+52 22	4.1	4.9	lang†	—	—	—	—
18	β Persei	3 1.6	+40 34	2.1—3.2	—	2.87d	—	—	—	—
19	o Persei	38.0	+31 59	3.9	4.4	4.39d	klein	—	6640000	klein
20	20 Tauri (Maia)	39.9	+24 4	4.1	4.2	—	—	—	—	—
21	ε Persei	51.1	+39 43	2.9	3.8	—	—	—	—	—
22	λ Tauri	55.2	+12 13	3.3—4.2	—	3.91d	—	—	—	—
23	X Eridani	4 14.1	—34 2	3.6	—	kurz	—	—	—	—
24	ν Eridani	31.3	— 3 34	4.0	4.0	,,	—	—	—	—
25	τ Tauri	36.2	+22 46	4.3	4.2	—	—	—	—	—
26	9 Camelopardalis	44.1	+66 10	4.4	4.7	—	—	—	—	—
27	π^4 Orionis	45.9	+ 5 26	3.7	4.0	—	—	—	—	—
28	π^5 Orionis	49.1	+ 2 17	3.9	4.0	kurz	—	—	—	—
29	ε Aurigae	54.8	+43 41	var.	irr.	mehr. Jahre.	—	—	—	—
30	α Aurigae	5 9.3	+45 54	0.2	—	104.022d	0.0164	117.3	36847900	+30.2
31	o Orionis	16.7	— 0 28	4.6	4.6	—	—	—	—	—
32	η Orionis	19.4	— 2 29	3.4	3.9	7.9896d	0.016	42 16	15901000	+35.5
33	ψ Orionis	21.6	+ 3 1	4.6	4.5	kurz	—	—	—	—
34	λ Aurigae	26.2	+32 8	4.7	5.0	—	—	—	—	—

		h m	° ′					° ′	km	km
35	δ Orionis	5 26.9	— 0 23	2.6	var.	5.7333d	0.103	33 18.9	7 906 600	+23.1
36	ϑ^1 Orionis	30.3	— 5 27	4.9	—	—	—	—	—	—
37	ϑ^2 Orionis	30.4	— 5 29	5.3	—	—	—	—	—	—
38	ι Orionis	30.5	— 5 59	2.8	3.4	—	—	—	—	—
39	ζ Tauri	31.7	+21 5	3.0	3.4	lang	—	—	—	—
40	a Doradus	32.7	—62 33	3.9	—	—	—	—	—	—
41	σ Orionis	33.7	— 2 39	3.7	4.0	kurz†	—	—	—	—
42	β Aurigae	52.2	+44 57	2.1	3.5	3.9597d	klein	—	—	—
43	ν Orionis	6 1.8	+14 47	4.2	4.6	—	—	—	—	—
44	ξ Orionis	6.2	+14 14	4.4	4.4	—	—	—	—	—
45	η Geminorum	8.8	+22 33	3.2—4.2	—	lang	—	—	—	—
46	δ Columbae	18.4	—33 23	4.0	3.8	lang†	—	—	—	—
47	γ Geminorum	31.9	+16 29	1.9	2.9	lang	—	—	—	—
48	S Monocerotis	35.5	+10 0	4.9—5.4	—	—	—	—	—	—
49	α Canis Majoris	40.7	—16 34	1.7	—	48.84 Jahre	0.5875	147 53.6	—	—7.4
50	ζ Geminorum	58.2	+20 43	3.8—4.3	—	10.154d	0.22	333	1 797 800	+6.8
51	γ Canis Minoris	7 22.8	+ 9 8	4.6	5.4	lang	—	—	—	—
52	σ Puppis	26.1	—43 6	3.3	—	—	—	—	—	—
53	α_1 Geminorum	28.2	+32 7	3.7	—	2.92835d	0.07	—	—	var.
54	α_2 Geminorum	28.2	+32 7	2.7	—	9.21883d	0.503	265.35	—	var.
55	α Geminorum	28.8	+32 7	—	—	347 Jahre	0.4409	33.93	a = 5.76″	—
56	σ Geminorum	37.0	+29 7	4.4	5.5	kurz	—	—	—	—
57	a Puppis	48.8	—40 19	3.9	—	—	—	—	—	—
58	V Puppis	55.3	—48 58	4.1—4.8	—	1.454d	—	—	—	—
59	ι Argus	8 3.3	—24 1	2.9	3.8	lang	—	—	—	—
60	η Hydrae	38.0	+ 3 46	4.4	4.2	kurz	—	—	—	—
61	ε Hydrae	41.5	+ 6 48	3.5	4.3	15.7 Jahre	0.685	264.7	a = 0.24″	—
62	w Velorum	56.3	—40 52	4.5 var.	—	—	—	—	—	—
63	α Volantis	9 0.9	—66 0	4.2	—	—	—	—	—	—
64	κ Cancri	2.4	+11 4	5.0	5.3	—	—	—	—	—
65	o Leonis	35.8	+10 21	3.7	4.3	14.5d	—	—	—	—
66	l Carinae	42.5	—63 3	3.6—5.0	—	—	—	—	—	—
67	γ Leonis	10 14.4	+20 21	2.4	3.7	402.62	0.739	194.32	a = 2.00″	—38.4
68	p Velorum	33.2	—47 43	4.1	—	—	—	—	—	—
69	ω Ursae Majoris	48.2	+43 43	4.8	4.7	—	—	—	—	—
70	ξ Ursae Majoris Hellere Komponente	11 12.9	+32 6	3.9	4.7	—	—	—	—	—

Nr.	Stern	R.A. 1900	Dekl. 1900	Größe Vis.	Größe Phot.	Periode	Exzentrizität	ω	Halbmesser der Bahn	Geschwindigkeit des Systems
		h m	° ′					° ′	km	km
71	93 Leonis	11 42.8	+20 46	4.5	4.8	—	—	—	—	—
72	γ Corvi	12 10.7	—16 59	2.7	3.3	kurz	—	—	—	—
73	η Virginis	14.8	— 0 6	4.0	4.2	„	—	—	—	—
74	γ Virginis	36.6	— 0 54	2.9	3.8	180 Jahre	0.898	93.92	a = 3.94″	—20.7
75	ε Ursae Majoris	49.6	+56 30	1.4	—	lang	—	—	—	—
76	ζ Ursae Majoris	13 19.9	+55 27	2.1	—	20.54d	—	—	—	—
77	α Virginis	19.9	—10 38	1.2	2.4	4.0	—	—	—	—
78	ζ Centauri	49.3	—46 47	2.8	—	8.024d	—	—	—	—
79	η Bootis	49.9	+18 54	2.8	3.8	lang	—	—	—	—
80	α Draconis	14 1.7	+64 51	3.6	4.0	—	—	—	—	—
81	d Bootis	5.9	+25 34	4.8	5.2	kurz	—	—	—	—
82	α Centauri	32.8	—60 25	{ 1.0 3.5	—	81.185d	0.52865	52.01	a = 17.71″	—21+
83	α Librae	45.4	—15 37	2.7	3.3	kurz	—	—	—	—
84	β Lupi	52.0	—42 44	2.8	—	—	—	—	—	—
85	δ Librae	55.6	— 8 7	5.0—6.2	—	2.33d	—	—	—	—
86	ε Librae	15 18.8	— 9 57	5.0	4.8	90 d ±	—	—	—	—
87	α Coronae Borealis	30.4	+27 3	2.2	3.4	—	—	—	—	—
88	π Scorpii	52.8	—25 49	3.0	3.5	1.57d	—	—	—	—
89	β Scorpii	59.6	—19 32	2.7	3.0	6.88d ±	—	—	—	—
90	ϑ Draconis	16 0.1	+58 50	4.1	4.8	3.0708d	0.016	103.47	—	—8.4
91	σ Scorpii	15.1	—25 21	3.0	3.8	kurz	—	—	—	—
92	β Herculis	26.0	+21 42	2.9	4.2	410.58d	0.55	29.73	63560000	—25.5
93	ζ Herculis	37.5	+31 47	2.9	3.9	33.9 Jahre	0.560	101	a = 1.40″	—
94	μ^1 Scorpii	45.1	—37 53	3.1	—	1.45d	—	—	—	—
95	h Draconis	55.4	+65 17	4.9	5.3	—	—	—	—	—
96	ε Ursae Minoris	56.2	+82 12	4.4	4.9	kurz	—	—	—	—
97	ε Herculis	56.5	+31 4	3.8	3.9	„	—	—	—	—
98	u Herculis	17 13.6	+33 12	4.6—5.4	—	„	—	—	—	—
99	λ Scorpii	26.8	—37 2	1.4	—	5.6d ±	—	—	—	—
100	ξ Serpentis	31.8	—15 20	3.6	4.0	kurz	—	—	—	—
101	ω Draconis	37.5	+68 48	4.9	5.3	„	—	—	—	—
102	X Sagittarii	41.3	—27 48	4.4—5.4	—	7.01d	—	—	—	—
103	W Sagittarii	58.6	—29 35	4.3—5.1	—	7.5946d	0.32	70.0	1930000	—28.6

		h	m	°	'					°	km	km
104	μ Sagittarii	18	7.8	—21	5	4.0	4.2	—	—	—	—	—
105	Y Sagittarii		15.5	—18	55	5.4—6.2	—	5.7734d	0.3±	—	—	—
106	χ Draconis		22.8	+72	42	3.7	4.2	281.8d	0.423	119.0	62020000	+32.4
107	2 Scuti		36.8	— 9	9	4.6	4.9	—	—	—	—	—
108	ζ Lyrae, pr.		41.3	+37	30	4.2	4.7	—	—	—	—	—
109	β Scuti		41.8	— 4	51	4.5	4.8	lang†	—	—	—	—
110	β Lyrae		46.3	+33	15	3.4—4.1	—	12.908d	0.07	83	—	—15
111	κ Pavonis		46.6	—67	21	3.8—5.2	—	9.091d ?	—	—	—	—
112	δ² Lyrae		50.2	+36	51	5.6	—	—	—	—	—	—
113	113 Herculis		50.5	+22	32	4.6	5.3	—	—	—	—	—
114	τ Sagittarii	19	0.7	—27	49	3.5	4.5	—	—	—	—	—
115	18 Aquilae		2.3	+10	55	5.1	4.7	—	—	—	—	—
116	ν Sagittarii		16.0	—16	8	4.4	5.2	—	—	—	—	—
117	δ Aquilae		20.5	+ 2	55	3.4	4.0	—	—	—	—	—
118	η Aquilae		47.4	+ 0	45	3.7—4.5	—	7.176d	0.489	68.91	—	—14.2
119	S Sagittae		51.5	+16	22	5.5—6.1	—	8.3832	—	—	—	—
120	θ Aquilae	20	6.2	— 1	7	3.4	3.6	17d ±	—	—	—	—
121	o¹(31) Cygni		10.5	+46	26	4.0	5.2	—	—	—	—	—
122	β Capricorni		15.4	—15	5	3.2	4.2	3.3 Jahre	—	—	—	—
123	71 Aquilae		33.2	— 1	27	4.6	5.4	lang†	—	—	—	—
124	T Vulpeculae		47.2	+27	52	5.5—6.2	—	4.4358d	—	—	—	—
125	57 Cygni		49.7	+44	0	4.6	4.7	kurz	—	—	—	—
126	61 Cygni	21	2.4	+38	15	5.3	6.2	sehr lang	—	—	—	—6.2
127	δ Equulei		9.6	+ 9	36	4.6	5.1	5.7 Jahre	0.46	—	a = 0.28″	—
128	α Equulei		10.8	+ 4	50	4.2	4.6	lang†	—	—	—	—
129	β Cephei		27.4	+70	7	3.4	3.8	einige Tage	—	—	—	—
130	ε Capricorni		31.5	—19	54	4.7	4.4	kurz	—	—	—	—
131	κ Pegasi		40.2	+25	11	4.3	5.0	6d+	—	—	—	var. ?
132	ι Pegasi	22	2.3	+24	51	4.0	4.4	10.2131d	0.0085	251.81	6740000	—4.1
133	2 Lacertae		16.9	+46	2	4.7	4.6	—	—	—	—	—
134	δ Cephei		25.4	+57	54	3.7—4.6	—	5.367d	0.46	272	1300000	—18
135	6 Lacertae		26.1	+42	36	4.6	4.5	—	—	—	—	—
136	η Pegasi		38.3	+29	42	3.0	4.2	818.0d	0.1548	5.605	157800000	+4.3
137	o Andromedae		57.3	+41	47	3.5	3.9	—	—	—	—	—
138	π Cephei	23	4.7	+74	51	4.6	5.5	—	—	—	—	—
139	1 Hev. Cassiopeiae		25.4	+57	59	4.8	5.0	—	—	—	—	—
140	λ Andromedae		32.6	+45	56	3.9	5.0	20.5d	—	—	—	—

Folgende Zusätze, aus der Originaltabelle entnommen, mögen noch hier Platz finden.

Nr. 6. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 9. Das Spektrum zeigt helle Wasserstofflinien.
„ 16. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 22. „ „ „ „
„ 23. „ „ „ „
„ 29. Nach Ludendorf ein Veränderlicher des Algoltypus. Periode 27 Jahre.
„ 30. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 42. „ „ „ „
„ 45. Die Periode des Lichtwechsels beträgt 231.4 Tage.
„ 58. Beide Spektren sind sichtbar. Relative Geschwindigkeit 610 *km*. Roberts findet, daß der Begleiter mit dem Hauptsterne in Berührung sein muß.
„ 62. Die Helligkeitsperiode beträgt 35.523 Tage.
„ 63. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 64. „ „ „ „
„ 67. Sichtbarer Doppelstern. Gesamtmasse 6.5 Sonnenmassen nach Belopolsky.
„ 68. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 76. „ „ „ „
„ 78. „ „ „ „
„ 82. Sichtbarer Doppelstern. Nach Wright ist bei einer Parallaxe von 0.76″ die Gesamtmasse des Systems = 1.9 Sonnenmassen.
„ 84. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 88. „ „ „ „
„ 93. Sichtbarer Doppelstern.
„ 94. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 98. Veränderlicher von unregelmäßiger Periode.
„ 110. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 111. Die Periode ist wahrscheinlich übereinstimmend mit der Periode des Lichtwechsels.
„ 116. Helle Heliumlinien im Spektrum.
„ 119. Die Periode ist übereinstimmend mit der des Lichtwechsels.
„ 124. Die Periode ist wahrscheinlich mit der des Lichtwechsels übereinstimmend.
„ 125. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 126. Sichtbarer Doppelstern.
„ 127. Hussey findet die Gesamtmasse zu 1.89 Sonnenmassen und die Parallaxe 0.071″.
„ 131. Ein dreifaches System, der sichtbare Begleiter hat elf Jahre Umlaufszeit.
„ 133. Beide Spektren sind sichtbar.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der große Sternhaufen im Herkules (Messier 13) ist auf Grundlage einer photographischen Aufnahme am Yerkesrefraktor durch W. E. Plummer vermessen worden.[1]) Die isochromatische Platte wurde von J. W. Ritchey am 15. August 1900 mit vier Stunden Expo-

[1]) Monthly Notices 1905. **65**, Nr. 8. p. 801.

sition erhalten. Die Ausmessung einer Kopie derselben erfolgte mit aller Sorgfalt, und muß bezüglich der Einzelheiten dieser auf das Original verwiesen werden. Im ganzen wurden 2131 Sterne vermessen auf einer Fläche von elf Quadratminuten. Eine Hauptbedeutung der Arbeit von Plummer besteht in dem Vergleiche der gemessenen Sternpositionen innerhalb des Haufens mit denjenigen, welche Prof. Scheiner in seiner Abhandlung „Der große Sternhaufen im Herkules-Messier 13 nach Aufnahmen am Potsdamer photographischen Refraktor, Berlin 1892" gegeben hat. Diese Vergleichung der Sternpositionen im einzelnen und nach Gruppen ergab eine sehr befriedigende Übereinstimmung und führte zu der Überzeugung, daß in dem Zeitraume zwischen den Aufnahmen in Potsdam und denjenigen am Yerkesrefraktor keiner der vermessenen Sterne des Haufens seine Stellung merklich verändert hat. Plummer hat auch die Verteilung der Sterne in dem Haufen nach ihrer Helligkeit und Häufigkeit untersucht, doch ohne zu definitiven Ergebnissen zu kommen.

Der wahrscheinliche Ursprung des Nebels um die Nova Persei 1901 ist von Charles Nordman auf Grund des vorhandenen photographischen und spektrographischen Materials kritisch untersucht worden.[1]) Er weist darauf hin, daß gelegentlich der (ihrem Wesen nach noch unbekannten) Katastrophe, die zu dem plötzlichen Aufleuchten der Nova im Perseus führte, unzweifelhaft, ähnlich wie bei den Eruptionen auf der Sonne, plötzliche Störungen des elektrischen Gleichgewichtes stattfanden, gefolgt von elektrischen Entladungen, von deren Heftigkeit wir uns keine Vorstellung machen können. Die Hertzschen elektrischen Wellen, welche bei diesen Entladungen von der Nova rings in den Raum ausstrahlten, mußten dabei folgende Erscheinungen verursachen: Dort wo diese Wellen auf (gasförmige) Streifen der Nebelmaterie im Raume trafen, mußten sie gemäß ihrem bekannten Verhalten diese erleuchten, und zwar um so intensiver, je näher sich dieselben bei der Nova befanden, und anderseits je mehr der dort herrschende Druck dem von J. J. Thomson nachgewiesenen kritischen Drucke nahe kommt, welcher dem Maximum der Erleuchtung entspricht. Daraus ergibt sich nach Nordman:

1. Wie auch die Verteilung der Nebelmaterie in der Nachbarschaft der Nova beschaffen sein mochte, so mußten, da die Ausbreitung der Hertzschen elektrischen Wellen mit Lichtgeschwindigkeit von der Nova aus erfolgte, die gesamten sukzessive erleuchteten Regionen um diese Nova eine Reihe von Ringen zu bilden scheinen, von denen jeder sich mit der gleichen Geschwindigkeit des Lichtes fortbewegte. Die scheinbaren Geschwindigkeiten dieser Ausbreitung

[1]) Sirius 1905. p. 255.

mußten natürlich verschieden sich darstellen, je nachdem die erregenden elektrischen Wellen mehr oder weniger schräg zu unserer Gesichtslinie ausgingen. Auf diese Weise erklärt sich das Vorhandensein der beiden leuchtenden Hauptzonen, von denen die eine sich mit größerer Geschwindigkeit ausdehnte als die andere. Die wirklichen Geschwindigkeiten derselben waren gleich, der Unterschied nur scheinbar und durch die Projektionen derselben auf das Himmelsgewölbe bedingt.

2. Die nahezu ringförmige Gestalt der erleuchteten Zone war nur scheinbar, in Wirklichkeit muß dieselbe eine sehr unregelmäßige Struktur besessen haben, die von ihrer Orientierung um den Stern und gleichzeitig der Verteilung von Verdichtungen innerhalb desselben abhing. So erschienen die Regionen, in welchen die Dichtigkeit des Nebels nahe bei dem kritischen Punkte lag, in dem leuchtenden Ringe als besonders helle Knoten.

3. Im allgemeinen mußte die Helligkeit des Nebels mit der Zeit abnehmen, in dem Maße als die elektrischen Wellen, indem sie sich von der Nova entfernten, ihre Intensität verminderten. In gewissen Richtungen um die Nova trafen diese Wellen erst in großer Entfernung auf gasförmige Nebelmaterie, die sich nahe beim kritischen Punkte des Druckes befand, und daher kam es, daß in gewissen Richtungen ziemlich weit von der Nova neue leuchtende und sehr glänzende Kondensationen erschienen.

4. Da die leuchtenden Kondensationen denjenigen Regionen der Nebelmaterie entsprechen, in welchen der kritische Druck herrschte, diese Regionen aber mit Bezug auf die Nova in den verschiedensten Richtungen liegen, so mußte die scheinbare Ortsveränderung dieser hellen Nebelknoten in verschiedenen Richtungen erfolgen, also keineswegs immer radial zu der Nova. Im Falle, in welchem eine gasförmige Masse sich in solcher Lage befand, daß ihre entferntesten Teile in der Projektion scheinbar der Nova näher sich darstellten als die wirklich nächsten, mußten auch die leuchtenden Kondensationen sich der Nova zu nähern scheinen.

5. Da das von diesen Kondensationen ausgesandte Licht eigenes Licht war, keineswegs aber reflektiertes, so konnten dieselben natürlich keine Polarisation zeigen.

Untersuchungen der Spektra heller Gasnebel auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. Daselbst haben die Professoren Dr. J. Scheiner und Dr. J. Wilsing in den Jahren 1901 bis 1903 mit einem von Geh. Rat Vogel angegebenen und von O. Toepfer ausgeführten Spektralapparate, der an dem großen Refraktor angebracht wurde, Untersuchungen an mehrern hellen Gasnebeln ausgeführt.[1]) Diese Untersuchungen erstreckten sich auf die Messungen

[1]) Publik. des Astrophys. Observ. zu Potsdam 1905. Nr. 47.

der Linienverschiebungen in den Spektren jener Sterne, um daraus den in die Gesichtslinie zur Erde fallenden Teil der Bewegungsgeschwindigkeit jener Nebelflecke oder deren sogen. Radialgeschwindigkeit zu ermitteln, und ferner um das Helligkeitsverhältnis der drei Hauptlinien im Spektrum der Gasnebel festzustellen. Um letztere Beobachtungen auszuführen, war der Apparat mit einer photometrischen Einrichtung versehen worden, die ihn in ein Spektralphotometer umgestaltete.

Was zunächst die Bestimmung des Helligkeitsverhältnisses der drei Hauptlinien im Spektrum der Nebelflecke anbelangt, so wurden schon früher von verschiedenen Seiten Schätzungen derselben unternommen, aber keine eigentlichen Messungen. Solche Schätzungen sind indessen beträchtlich unsicher, weil diese Linien nicht nur in der Farbe verschieden, sondern auch äußerst schwach sind. Die drei Hauptlinien im Spektrum der Nebelflecke haben folgende Wellenlängen $\lambda = 5007$, 4959 und 4860. Die letztere ist die Wasserstofflinie $H\beta$, die beiden andern gehören dagegen einem unbekannten Stoffe an. Die erste Linie ist in allen Nebelfleckspektren die hellste, bezüglich der relativen Helligkeiten der beiden andern lauten die Angaben verschieden. Nach Keelers Schätzungen ist in allen Nebelspektren das Verhältnis der ersten zur zweiten Linie unveränderlich, während die dritte sich sehr verschieden verhält. Diese Angabe wird nun durch die Messungen der beiden Astrophysiker zu Potsdam an neun Nebelflecken durchaus bestätigt. „Es ist," sagen sie, „genau dasselbe Ergebnis, zu dem Keeler auf Grund von Helligkeitsschätzungen bereits gekommen war, und welches nunmehr durch unsere Messungen bestätigt worden ist. Wir machen darauf aufmerksam, daß dieses Resultat der Ansicht günstig ist, daß die erste und die zweite Nebellinie dem gleichen, vorläufig noch unbekannten Stoffe angehören, und daß der Wasserstoff in den verschiedenen Nebeln nicht unter den gleichen physikalischen Bedingungen (relative Menge?) leuchtet. Der schon mehrfach, neuerdings von Belopolsky ausgesprochenen Ansicht, daß die erste und die zweite Nebellinie einem modifizierten Wasserstoffspektrum angehören, ist unser Resultat weniger günstig, ohne ihr indessen zu widersprechen."

Im zweiten Teile ihrer Arbeit geben die Verfasser zunächst eine Übersicht über die bisherigen Versuche die Radialbewegung von Nebelflecken zu ermitteln. „Der erste," sagen sie, „welcher der Frage der Nebelbewegungen näher trat, war Huggins, der sich mehrfach der Aufgabe unterzogen hat, die Position der Hauptnebellinie, besonders im Orionnebel, mit möglichster Genauigkeit fest zulegen. In bezug auf den Orionnebel kam Huggins[1]) zu dem Schlusse, daß in Rücksicht auf die Erdbewegung der Nebel sich

[1]) Philos. Trans. 1868.

nicht mit größerer Geschwindigkeit als 10 engl. Meilen von uns weg oder 20 bis 25 Meilen auf uns zu bewegen könne. 1874 gab er als Resultat[1]) aus seinen Beobachtungen an sieben Gasnebeln an, daß er in keinem Falle eine Änderung der relativen Position der Nebellinie gegenüber der benachbarten Bleilinie, die als Vergleichslinie diente, habe entdecken können.

Vogel[2]) schloß aus seinen 1871 in Bothkamp angestellten Beobachtungen auf eine Bewegung des Orionnebels von + 27 *km*.

Schließlich sind noch die Beobachtungen Maunders in Greenwich zu erwähnen, der in bezug auf den Orionnebel zu dem negativen Resultate kam, daß dieser Nebel, wenn überhaupt, nur eine geringe Bewegung besitzen könne.

Im Jahre 1890 hat Keeler[3]) seine grundlegenden Beobachtungen über diesen Gegenstand begonnen. Dieselben wurden angeregt durch Huggins, der seine Untersuchungen über die Nebelspektra wiederholt hatte, um die Behauptung Lockyers zu widerlegen, daß die Hauptnebellinie mit der Kante eines Magnesiumbandes identisch sei.

Das in Verbindung mit dem großen Refraktor der Licksternwarte benutzte Spektroskop war mit einem Rowlandschen Gitter von 14438 Linien auf den Zoll versehen, von welchem die dritte und die vierte Ordnung benutzt wurde. Die Beobachtungsmethode war die folgende: das Bild des zu untersuchenden Nebels wurde auf den Spalt gebracht und die Höhe des letztern so verkürzt, daß er genau durch den Nebel ausgefüllt wurde. Nunmehr erfolgte eine Einstellung auf die Nebellinie und die Ablesung der Schraube des Mikrometers. Dann wurde ein total reflektierendes Prisma vor den Spalt gesetzt und auf die zum Vergleiche gewählte Linie einer irdischen Lichtquelle eingestellt; und so wurde abwechselnd mehrmals verfahren.

Als Vergleichslinie für die Hauptnebellinie wurde anfangs die brechbarere Kante des Magnesiumbandes und die Bleilinie bei λ 5006 benutzt, später nur die letztere; für die zweite Nebellinie kam die Eisendoppellinie λ 4958 allein zur Verwendung, und die dritte Nebellinie wurde mit der $H\beta$-Linie einer Wasserstoffröhre verglichen.

Das Verfahren Keelers zur Ermittlung der Geschwindigkeitskomponenten der verschiedenen Nebel war das folgende. Zunächst konnte die Geschwindigkeit für den Orionnebel und den hellen planetarischen Nebel G. C. 4390 durch die direkte Vergleichung der $H\beta$-Linie ermittelt werden, und um diese Beträge wurden die für die beiden Nebel gefundenen Wellenlängen der ersten Nebellinie korri-

[1]) Proceed. Roy. Soc. **16**.

[2]) Astron. Nachr. **82**.

[3]) Publ. of the Lick Obs. III. Part IV. 1894.

giert. Die Differenzen der Wellenlängen der Linien der übrigen Nebel gegen die so bestimmten absoluten Wellenlängen lieferten dann die Geschwindigkeiten.

Für den Orionnebel erhielt Keeler als mittlere Wellenlänge der Hauptnebellinie (korrigiert wegen Erdbewegung) λ 5007.34. Die Beobachtung der $H\beta$-Linie ergab für die Geschwindigkeit des Orionnebels + 0.29, mithin ist die absolute Wellenlänge λ 5007.05. Die entsprechenden Zahlen für den Nebel G. C. 4390 sind λ 5006.89 + 0.18 = 5007.07. Im Mittel ist demnach die absolute Wellenlänge der ersten Linie λ 5007.06, bezogen auf das Rowlandsche System der Preliminary Tables.

Die hiernach von Keeler gefundenen Werte der Geschwindigkeitskomponenten (nur für die auch von den Beobachtern in Potsdam gemessenen neun Nebel) betragen in Kilometern:

Nebel	Geschwindigkeit	Mittlerer Fehler
Orionnebel	+ 17.7	± 1.3
G. C. 4234	—34.3	± 2.1
G. C. 4373	—64.7	± 2.9
G. C. 4390	— 9.7	± 1.9
N. G. C. 6790	+ 48.4	—
G. C. 4514	— 5.3	± 2.4
N. G. C. 6891	+ 40.7	± 6.4
N. G. C. 7027	—10.1	± 1.9
G. C. 4964	—11.7	± 4.8

Von den drei hellsten Nebeln G. C. 4390, G. C. 4373 und N. G. C. 7027 hat Hartmann[1]) die Geschwindigkeitskomponenten auf photographischem Wege ermittelt. Aus den Messungen der $H\beta$- und der $H\gamma$-Linie wurde für den Nebel G. C. 4390 diese Komponente direkt abgeleitet zu —0.25. Die hiernach korrigierte Wellenlänge für die erste Hauptnebellinie resultierte zu 5007.04 in guter Übereinstimmung mit dem Keelerschen Werte. Die schließlich erhaltenen Geschwindigkeitskomponenten sind:

Nebel	Geschwindigkeit
G. C. 4390	—10.5 *km*
G. C. 4373	—65.8 „
N. G. C. 7027	+ 4.9 „

Speziell über die Bewegung des Orionnebels hat H. C. Vogel[1]) nach spektroskopischen Aufnahmen von Eberhard Untersuchungen angestellt, wobei sich als Geschwindigkeitskomponente für die hellste Gegend des Orionnebels + 17.9 *km* ergeben hat.

Die jüngste Untersuchung über diesen Gegenstand ist von Wright[2]) angestellt worden, und zwar ebenfalls auf spektrographischem Wege. Die Messungen beziehen sich auf eine größere Zahl von Linien, von denen die Wasserstofflinien zur Bestimmung der

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss.. 1902 März.
[2]) Astrophys. Journal 16.

Geschwindigkeitskomponenten benutzt wurden. Als solche fand Wright:

Nebel	Geschwindigkeit
G. C. 4390	—11 *km*
G. C. 4964	— 7 „
N. G. C. 7027	+ 6 „
Orionnebel	+17 „

Die Beobachter Prof. Scheiner und Prof. Wilsing hatten ursprünglich beabsichtigt, alle vierzehn Nebel zu untersuchen, für welche Keeler auf der Licksternwarte die radialen Geschwindigkeiten bestimmt hatte. Indessen mußten sie mehrere, die für Potsdam zu tief am Horizonte bleiben, ausschließen, auch erwiesen sich die Luftverhältnisse in Potsdam wesentlich ungünstiger als diejenigen, unter denen die Licksternwarte arbeitet. Die Untersuchungen zur Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten mußten sich auf Vergleichung der Position der Linie λ 5007 mit einer benachbarten Eisenlinie beschränken. Dabei waren die Messungen außerordentlich schwierig und anstrengend, indem bei den schwachen Nebeln selbst die Hauptlinie nur unter besondern Schonungsmaßregeln für die Augen zu sehen war. Auf die Einzelheiten des Beobachtungsverfahrens und das Detail der Messungen ist hier nicht einzugehen, dagegen müssen die Ergebnisse für die Geschwindigkeiten der neun untersuchten Nebel mitgeteilt werden. Die Nebelflecke sind durch ihre Nummern im Generalkatalog (G. C.) und im neuen Generalkatalog (N. G. C.) bezeichnet und die Geschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde angegeben, wobei das Vorzeichen — bedeutet, daß der Nebel sich der Sonne nähert, +, daß er sich entfernt. Die nachstehende Tabelle gibt die von Scheiner und Wilsing erhaltenen Resultate und daneben zum Vergleiche auch diejenigen, welche andere Astronomen für einzelne dieser Nebelflecke erhielten. Es kommen hierbei für die sämtlichen von Scheiner und Wilsing beobachteten Nebel nur diejenigen von Keeler (K.) in Frage, für die hellern Nebel die Beobachtungen von Hartmann (H.) und Wright (Wr.), sowie speziell für den Orionnebel diejenigen von Vogel und Eberhard (V. und E.), Frost und Adams[1]) (F. und A.), die alle mit Ausnahme der von Keeler auf photographischem Wege erhalten worden sind.

Nebel	W. u. S.	K.	H.	Wr.	V. u. E.	F. u. A.
G. C. 4234	—32	—34	—	—	—	—
G. C. 4373	—64	—65	—66	—	—	—
G. C. 4390	— 7	—10	—11	—11	—	—
N. G. C. 6790	+40	+48	—	—	—	—
G. C. 4514	0	— 5	—	—	—	—
N. G. C. 6891	+40	+41	—	—	—	—
N. G. C. 7027	+17	+10	+ 5	+12	—	—
G. C. 4964	— 5	—11	—	— 7	—	—
Orionnebel	+15	+18	—	+16	+17	+18.5

[1]) Astrophys. Journal **19**.

„Bei einer durchschnittlichen Abweichung von 4 *km* zwischen den Beobachtungen eines Nebels von Keeler und uns“, sagen die Beobachter, „beträgt das Mittel aller Differenzen nur + 1.3 *km*. Der stärkste Unterschied, 8 *km*, kommt bei N. G. C. 6790 vor, einem sehr schwierigen Objekte, für welches Keeler überhaupt keinen wahrscheinlichen Fehler angegeben hat, da nur drei Beobachtungen vorliegen. Auffallend ist dagegen der verhältnismäßig große Unterschied zwischen uns und Keeler bei dem sehr hellen Nebel N. G. C. 7027, der außerhalb unserer mittlern Fehler liegt. Der Hartmannsche Wert, allerdings nur auf einer Aufnahme beruhend, weicht stark nach der entgegengesetzten Seite ab. In allen übrigen Fällen dürfte die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Beobachtern als eine sehr befriedigende zu bezeichnen sein.“

Gestützt auf die Vergleichung mit Keeler, sind die beiden Beobachter zu Potsdam zu der Annahme berechtigt, daß es ihnen gelungen ist, trotz ungünstigerer optischer und atmosphärischer Verhältnisse das von ihnen beabsichtigte Ziel zu erreichen: die Bewegungskomponenten der hellern Gasnebel unter Verwendung einer andern Meßmethode mit einer der von Keeler erreichten vergleichbaren Genauigkeit zu ermitteln.

Die Lichtausstrahlung des Orionnebels. Dieser Nebelfleck ist, wie das größte und interessanteste Nebelobjekt der bei uns sichtbaren Himmelssphäre, so auch das am häufigsten beobachtete und dargestellte. Von den unvollkommenen Zeichnungen der beiden Herschel bis zu Bonds wundervoller Darstellung und den Zeichnungen Lord Rosses haben sich viele Astronomen an der graphischen Wiedergabe dieses komplizierten Nebelgebildes versucht; allein die Schwierigkeiten des Gegenstandes und der große Einfluß des Luftzustandes sowie der angewandten Instrumente haben diesen Versuchen eine Unsicherheit angeheftet, welche vor allem die Frage nach etwa eingetretenen Veränderungen in der Gruppierung oder der Lichtintensität des Details der Nebelmaterie unentschieden lassen. Die großen Fortschritte der Photographie in ihrer Anwendung auf cölestische Objekte sind aber auch bezüglich des Orionnebels von Wichtigkeit geworden und besonders die Aufnahmen am Crossleyreflektor der Licksternwarte haben das Vorhandensein von nebliger Materie in einer Ausdehnung dargetan, von der auch die Zeichnungen Rosses an dem 6-füßigen Spiegelteleskope keine Ahnung geben. Nur allein die Zeichnung, welche W. Tempel 1877 am 10½-zölligen Refraktor von Amici zu Arcetri bei Florenz ausführte und im „Sirius“ (Jahrg. 1877 Taf. I) publizierte, kann in bezug auf die Ausdehnung der Nebelmaterie mit der Crossleyphotographie verglichen werden.

Im Jahre 1888 hat Professor W. G. Pickering auf der Harvardsternwarte das Spektrum des Orionnebels photographisch aufge-

nommen mittels eines Instrumentes, vor dessen Objektiv ein Prisma angebracht war, eine Anordnung, die bekanntlich zuerst von Fraunhofer getroffen worden ist. Bei dieser Anordnung wurde eine Reihe von Bildern der sogenannten Huygensschen Region des Nebels erhalten, von denen jedes durch das Licht einer und derselben hellen Linie des Spektrums des Nebels gebildet ist. Jedes Bild korrespondiert also einer bestimmten Wellenlänge des vom Nebel ausgehenden Lichtes. Von den in der Aufnahme von Prof. Pickering vorhandenen elf Linien ist die Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 5000$ die hellste für das Auge, während im ultravioletten Teile eine Linie $\lambda = 3727$, dem Auge direkt unwahrnehmbar, aber in der photographischen Aufnahme äußerst intensiv hervortritt. Besonders am südöstlichen Rande der Huygensschen Region erschien dieselbe sehr stark, ebenso in dem Teile westlich vom Trapez. Prof. Pickering hat diese spektrographische Beobachtungsweise des Orionnebels nicht weiter verfolgt, dagegen ist diese neuerdings auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam von Prof. Dr. J. Hartmann wieder aufgegriffen und wesentlich vervollkommt worden, wobei sich wichtige Resultate ergaben. Dieselben sind nun der Preuß. Akad. d. Wiss. vorgelegt worden[1]) und sollen hier in Kürze mitgeteilt werden.

Schon vor einigen Jahren hat Prof. Hartmann einen kleinen Spektrographen mit Objektivprisma hergestellt, dessen optische Teile zur Verminderung der Lichtabsorption aus Quarz bestehen. Dieser kleine und handliche Quarzspektrograph hat sich in der Tat, insbesondere für die ultravioletten Teile des Spektrums, als äußerst lichtstark erwiesen. So zeigt beispielsweise eine 150 Minuten belichtete Aufnahme des Nebels N. G. C. 6573 fünfzehn Linien des Nebelspektrums, während die mit dem großen 80 *cm*-Refraktor verbundenen Spaltspektrographen in der gleichen Belichtungszeit nie mehr als vier Linien abbilden. Ein besonders wichtiges Resultat ergaben aber die Aufnahmen des Orionnebels mit diesem Apparate, indem sie zeigten, daß die einzelnen Teile des Nebels Licht von verschiedener Zusammensetzung aussenden, und daß namentlich ausgedehnte und charakteristisch geformte Gebiete fast nur in dem ultravioletten Lichte von der Wellenlänge λ 3727 leuchten.

„Die einzelnen monochromatischen Bilder“, sagt Prof. Hartmann, „in welche das Licht des Nebels durch das Objektivprisma zerlegt wird, sind wegen der kurzen Brennweite der Kameralinse natürlich sehr klein; ein Millimeter auf der photographischen Platte entspricht einem Bildwinkel von nahe zehn Bogenminuten. Diese Größe genügt jedoch, um die Gestalt des Nebels deutlich erkennen zu lassen. Während sich nun die den übrigen Spektrallinien entsprechenden Bilder ziemlich gleichen, weicht das durch die Strahlen

---

[1]) Sitzber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1905. p. 60.

von der Wellenlänge λ 3727 entworfene Bild ganz auffällig von ihnen ab, indem es mit intensiven und gut begrenzten Teilen um mehr als 10′ über das Gebiet der andern Bilder hinausgreift. Auf den ersten Anblick hat es den Anschein, als ob der Nebel im Lichte der Wellenlänge λ 3727 eine gänzlich andere Form hätte als im Lichte der übrigen Farben, und erst bei schärferm Nachsehen kann man auf lange belichteten Aufnahmen eine Andeutung der erwähnten Gegenden auch in dem Lichte anderer Linien, insbesondere der beiden ersten Nebellinien (N_1 und N_2) von der Wellenlänge λ 5007 und λ 4959, auffinden. Jedenfalls überwiegt die Intensität der Strahlen von der Wellenlänge λ 3727 so stark, daß man von einem fast monochromatischen, ultravioletten Lichte der betreffenden Gebiete sprechen darf."

„Eine so auffällige Erscheinung", fährt Prof. Hartmann fort, „konnte nun bei den sehr zahlreichen frühern Beobachtungen des Spektrums des Orionnebels nicht ganz verborgen bleiben. Huggins, der das Vorhandensein der Linie λ 3727 im Spektrum des Orionnebels im Jahre 1882 zuerst nachwies, sowie Campbell, der die eingehendsten Studien über dieses Spektrum ausgeführt hat, benutzten Spaltspektrographen und konnten daher nur über das Spektrum desjenigen schmalen Streifens etwas ermitteln, dessen Bild während der Spektralaufnahme gerade auf den Spalt fiel. Dieser Streifen hatte bei den Aufnahmen von Huggins eine Länge von 2.5 Bogenminuten, enthielt also nur einen Querschnitt durch die hellste Gegend des Nebels, die sogen. Huygenssche Region; auch Campbells Aufnahmen, bei denen der Spalt einen Bildwinkel von etwa 7′ umfaßte, reichen nicht bis an die von mir beobachteten ultravioletten Zweige heran, die mehr als 10′ vom Trapez entfernt sind. Aus demselben Grunde haben auch die andern Beobachter, welche Spaltspektrographen benutzten, nichts von der Erscheinung bemerkt."

Günstiger lagen natürlich die Verhältnisse bei den mit spaltlosen Spektrographen ausgeführten Beobachtungen, wie die oben erwähnte von Professor Pickering. Nachdem Prof. Hartmann das Vorhandensein der ultravioletten Nebelteile durch mehrere Aufnahmen mit dem Quarzspektrographen unzweifelhaft festgestellt hatte, suchte er auf einem andern Wege deren Form und Lage genauer zu ermitteln und die Erscheinung weiter zu verfolgen. Er fand ein für diese Untersuchungen sehr geeignetes Verfahren in der Anwendung von Farbenfiltern bei direkten photographischen Aufnahmen des Nebels. Die Benutzung von Strahlenfiltern bei astrophotographischen Arbeiten wurde schon wiederholt zu dem besondern Zwecke vorgeschlagen, um mit einem für die optischen Strahlen achromatisierten Refraktor scharfe photographische Aufnahmen zu erhalten. Über derartige Aufnahmen berichteten Lohse im Jahre 1886, Spitaler 1890, und im Jahre 1900 stellte Ritchey nach diesem Verfahren prächtige Aufnahmen mittels des großen Yerkesrefraktors her.

Diese Farbenfilter stellte Ritchey in der Weise her, daß er eine Anzahl dünner planparalleler Glasplatten mit Kollodium von feiner grünlichgelber Färbung bestrich und mittels eines besonders konstruierten Trägers in unmittelbaren Kontakt mit der sensitiven Schicht brachte. Durch Prüfung am Spektroskop ergab sich, daß diese Platten nur die grünen, roten und gelben Strahlen durchließen, die violetten dagegen völlig abschnitten. Natürlich kann man auch Filter herstellen, welche andere Strahlen durchlassen oder abschneiden. So ist z. B. Prof. Keeler 1899 für seine Aufnahmen am Crossleyreflektor verfahren. Er machte einerseits durch ein Filter, welches nur die beiden ersten Nebellinien sowie die Wasserstofflinie $H\beta$ durchließ, eine Aufnahme auf einer orthochromatischen Platte, anderseits ohne Filter eine Aufnahme auf einer gewöhnlichen Platte und zog dann aus der Vergleichung beider Platten den Schluß, daß an denjenigen Stellen des Nebels, die sich auf der zweiten Aufnahme relativ intensiver abgebildet hatten, das Licht der Linie $H\gamma$ sowie der übrigen Wasserstofflinien, und folglich auch $H\beta$, intensiver sein müsse als die beiden Nebellinien N_1 und N_2. Dieser Schluß ist jedoch, wie jetzt die Aufnahmen von Professor Hartmann ergeben haben, insofern nicht zutreffend, als die große photographische Helligkeit der von Keeler namhaft gemachten Stellen nicht von $H\gamma$, sondern von der Linie λ 3727 herrührt. Der Grundgedanke der Keelerschen Arbeit, nämlich der Nachweis, daß das Licht nicht an allen Stellen des Nebels dieselbe spektrale Zusammensetzung hat, ist jedoch völlig richtig.

Für die Filteraufnahmen teilt Prof. Hartmann das Spektrum des Nebels in drei Abschnitte, deren erster die drei Linien N_1, N_2 und $H\beta$, also die Gesamtheit des bei optischen Beobachtungen wirksamen Lichtes, umfaßt. Der zweite Abschnitt erstreckt sich von $H\beta$ etwa bis zur Wellenlänge λ 3900 oder 3800 und enthält die Reihe der Wasserstofflinien. Im dritten Abschnitte, jenseits von λ 3800, liegt als einzige Hauptlinie die oben erwähnte ultraviolette Linie λ 3727. Von den wenigen außer den hier aufgeführten noch im Spektrum des Orionnebels vorkommenden Linien konnte wegen deren äußerst geringer Intensität, ebenso wie von dem schwachen kontinuierlichen Spektrum des Nebels abgesehen werden.

Prof. Hartmann hat nun Filter herzustellen gesucht, welche für je einen der drei Abschnitte möglichst durchlässig sind, während sie die beiden übrigen absorbieren, und ist nach längern Versuchen bei den folgenden stehen geblieben, die den genannten Zweck sehr gut erfüllen und überall leicht zu beschaffen sind.

„1. Pikrinsäurefilter. Man fixiert eine unbelichtete photographische Platte aus und badet sie dann einige Minuten in einer konzentrierten Lösung von Pikrinsäure. Die Gelatineschicht färbt sich intensiv gelb und absorbiert von λ 4800 an alle kürzern Wellenlängen vollständig, während die größern Wellenlängen, speziell

also die Linien N_1, N_2 und $H\beta$, fast ungeschwächt durchgelassen werden.

2. Chininkobaltfilter. Man badet in gleicher Weise eine Gelatineplatte in Chininsulfat und verwendet sie zusammen mit einem blauen Kobaltglase. Diese Kombination läßt nur den Spektralbereich zwischen $\lambda = 3880$ und λ 4740 ziemlich gut durch und absorbiert alle andern Strahlen.

3. Nitrosofilter. Badet man eine Gelatineplatte in konzentrierter Lösung von Nitrosodimethylanilin, so nimmt dieselbe eine dem Pikrinsäurefilter fast völlig gleichende Gelbfärbung an, unterscheidet sich aber von demselben erheblich in ihrer absorbierenden Wirkung. Der rote, der gelbe und der grüne Teil des Spektrums werden fast ungeschwächt durchgelassen. Die Absorption beginnt etwa bei λ 5050 und steigt dann rasch an, so daß $H\beta$ schon vollständig absorbiert wird; die Linien N_1 und N_2 werden, wenn auch geschwächt, noch durchgelassen. Die starke Absorption erstreckt sich bis λ 4000 von da an nimmt die Durchsichtigkeit rasch zu, und λ 3727 wird wieder gut durchgelassen. Die geringe Durchlässigkeit dieses Filters für N_1 und N_2 macht man dadurch unschädlich, daß man für die Aufnahmen eine an dieser Stelle unempfindliche Plattensorte wählt, während man umgekehrt für die Aufnahmen hinter dem Pikrinsäurefilter im Blaugrün möglichst empfindliche Platten anwenden wird.

Durch gleichzeitige Benutzung des ersten und dritten Filters kann man auch Aufnahmen herstellen, bei denen nur N_1 und N_2 zur Wirkung gelangen, während $H\beta$ ausgeschlossen wird.“

Diese Filter hat Prof. Hartmann nun verwendet, um mit Hilfe eines Steinheilschen Spiegels von 24 *cm* Öffnung und 90 *cm* Brennweite eine Reihe von Aufnahmen des Orionnebels zu machen. Leider war in den 1905 Wintermonaten die Witterung ungünstig, so daß er die geplante Untersuchung nicht im vollen Umfange durchführen konnte.

Nur am 25. Januar war der Himmel völlig klar; an allen andern Abenden störte, wie die teilweise sehr kurzen Beobachtungszeiten zeigen, aufziehender Dunst die Aufnahmen. Doch auch diese wenigen Aufnahmen haben schon zu interessanten Resultaten geführt, auf die Prof. Hartmann an der Hand einer Skizze kurz hinweist da zu einer genauern Besprechung eine photographische Reproduktion der Aufnahmen unerläßlich ist.

Zunächst hebt er die außerordentlich große Intensität der ultravioletten Linie λ 3727 in allen Teilen des Nebels hervor. Die mit dem Nitrosofilter in zweistündiger Belichtung am 25. Januar erhaltene Aufnahme zeigt ein Bild des Nebels von 45′ Durchmesser, welches eine Menge Einzelheiten der Struktur erkennen läßt. Prof. Hartmann hat den Eindruck gewonnen, daß sich die Verdichtungen der Nebelmasse, welche dem Orionnebel das eigentümlich bewegte

Aussehen verleihen, am schärfsten unter Anwendung dieses Filters darstellen, während das Licht der Wasserstofflinien mehr einen gleichmäßigen Untergrund zu bilden scheint.

„Neben dieser allgemeinen Verbreitung und Intensität des ultravioletten Lichtes, die eine vollständige Aufnahme aller Teile des Nebels durch das Nitrosofilter ermöglicht, tritt dieses Licht aber an einigen Stellen noch besonders intensiv hervor. Die auffälligste Erscheinung ist in dieser Beziehung eine Reihe von bogenförmigen Streifen 14′ westlich vom Trapez, welche den schon mit dem Quarzspektrographen aufgefundenen ultravioletten Teil bilden. Das Licht der Linien N_1 und N_2 sowie der Wasserstofflinien ist in diesem Teile so schwach, daß derselbe für das Auge völlig unsichtbar ist, während er auf jeder mit einem Reflektor gemachten Aufnahme eines der auffälligsten Objektive bildet. Keeler schrieb das Licht dieser Partie, wie oben erwähnt, irrtümlich den Wasserstofflinien, also besonders $H\gamma$ zu.

Die zweite von Keeler auf seiner Aufnahme mit dem Crossleyreflektor aufgefundene Stelle leuchtet ebenfalls nicht im Lichte der Wasserstofflinien, sondern vielmehr der Linie λ 3727 so intensiv, daß dieser Teil auf der mit dem Nitrosofilter gemachten Aufnahme gänzlich anders aussieht als auf den nach Okularbeobachtungen ausgeführten Darstellungen des Nebels oder auch auf Platten, die mit Objektiven, die ja stets das Ultraviolett schon stark absorbieren, aufgenommen sind. Auf letztern ist sie mit ihrer scharfen Begrenzung auf der westlichen Seite stets auffällig und bildet namentlich in dem flachen Bogen, der den Stern Bond 784 umzieht, eine charakteristische Figur, während der Keelersche Streifen kaum sichtbar ist. Im ultravioletten Lichte ist dieser Streifen dagegen mindestens ebenso hell wie die intensivsten Teile des großen Bogens, und er fließt an einer Stelle mit letzterm dermaßen zusammen, daß der genannte Stern völlig überdeckt wird.

Auch andere durch ultraviolette Strahlung ausgezeichnete Teile des Nebels hat Prof. Hartmann aufgefunden; es sind hauptsächlich die äußern Teile der Huygensschen Region, besonders die bogenförmige nördliche Begrenzung derselben, sowie ein vom Trapez führender Streifen, auch in dem äußersten Teile des Nebels scheint das ultraviolette Licht zu überwiegen. Eine merkwürdige Tatsache ist ferner, daß in dem Nebel der 35′ nördlich vom Trapez den Stern c Orionis umgibt, das Licht der Linien N_1 und N_2 fast vollständig fehlt. Auf den durch das Pikrinsäurefilter gemachten Aufnahmen ist auch bei zweistündiger Belichtung kaum eine Spur dieses Nebels erschienen, während er auf den andern Platten, insbesondere auf der ultravioletten Aufnahme vom 25. Januar sehr schön abgebildet ist. Da dieser Nebel jedoch auch die Wasserstofflinien zeigt, so ist er trotz der Schwäche von N_1 und N_2 auch für das Auge gut wahrnehmbar.“

Eine weitere Bemerkung Professor Hartmanns bezieht sich auf die Intensität der Sternscheibchen, die auf den verschiedenen Filteraufnahmen äußerst starke Unterschiede zeigt. So sind selbst auf der zweistündigen Ultraviolettaufnahme vom 25. Januar von manchen Sternen kaum Spuren erschienen, die schon auf einer nur sieben Minuten belichteten Aufnahme im grünen Teile des Spektrums deutlich abgebildet sind; als Beispiele werden die Sterne Bond 402 und 430 erwähnt. Eine vollständige Durchmusterung nach derartigen Objektiven will Prof. Hartmann später vornehmen, wenn auch für den mittlern Abschnitt des Spektrums eine gleich gute Aufnahme wie für die äußern Teile vorliegt. „Man kann sich," sagt er, „das Verhalten dieser Sterne wohl nur aus ihrem Spektraltypus erklären; während man bisher annahm, daß auch die schwächern in der Nähe des Orionnebels stehenden Sterne analog den hellern, deren Spektra untersucht werden konnten, dem ersten Typus angehörten, deutet obige Beobachtung darauf hin, daß auch Sterne vom zweiten oder gar vom dritten Typus in dieser Gegend vorkommen."

„Durch die hier mitgeteilten Beobachtungen", sagt Prof. Hartmann, „wird zunächst die schon von Huggins vermutete und später namentlich von Campbell unzweifelhaft bewiesene Tatsache, daß das Licht des Orionnebels nicht homogen, sondern an den verschiedenen Stellen von wechselnder Zusammensetzung ist, aufs neue bestätigt. Die Schlüsse, die sich bisher aber nur auf das verschiedenartige Verhalten der Nebellinien N_1 und N_2 gegenüber der Wasserstofflinie $H\beta$ bezogen, sind nunmehr auch auf die Linie λ 3727 ausgedehnt worden. Nach allen bisherigen Schätzungen ist das Intensitätsverhältnis der beiden Linien N_1 und N_2 in allen Nebeln und auch an den verschiedenen Stellen des Orionnebels konstant, und dies wurde auch durch die Messungen von Wilsing und Scheiner auf das sicherste bestätigt. Schloß man hieraus, daß diese beiden Linien dem Spektrum desselben Gases angehören, und wurde es durch ihr wechselndes Intensitätsverhältnis zu der Wasserstofflinie wahrscheinlich gemacht, daß dieses Gas vom Wasserstoffe verschieden sei, so ist nunmehr durch das von den genannten beiden Liniengruppen wiederum abweichende Verhalten der Intensität der Linie λ 3727 mit derselben Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, daß außer jenen beiden Gasen mindestens noch ein drittes, teils mit ihnen vermischt, teils aber auch räumlich getrennt in den Nebeln vorkommt. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, daß dieses dritte Gas der Sauerstoff sei, der bei λ 3727.5 eine ziemlich kräftige Linie hat, während die bisher beste Bestimmung von Wright für die Wellenlänge der Nebellinie den Wert 3726.4 ergeben hat; da diese Bestimmung jedoch noch nicht sehr sicher ist, dürfte es angebracht sein, eine möglichst scharfe Wellenlängenmessung beider Linien vorzunehmen.

„Es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden und wird auch durch die hier besprochenen Beobachtungen wieder bestätigt, daß es zum Nachweise etwaiger Veränderungen oder Bewegungen in einem Nebel unerläßlich ist, nur unter ganz gleichartigen Bedingungen hergestellte Abbildungen des betreffenden Objektes miteinander zu vergleichen. Gerade zur Herstellung dieser konstanten Bedingungen sind nun die Strahlenfilter vom größten Werte, da man durch dieselben alle von der Farbenempfindlichkeit der zur Aufnahme verwendeten Plattensorte sowie von der selektiven Absorption in den optischen Teilen des Instrumentes und in der Atmosphäre herrührenden Fehlerquellen unschädlich machen kann. Werden beispielsweise durch das Nitrosofilter belichtete Platten von nahe demselben Empfindlichkeitsgradienten gleich dicht entwickelt, so sind sie direkt miteinander vergleichbar, und eine derartige Vergleichung, die eventuell mit dem Zeißschen Stereokomparator ausgeführt werden kann, wird, wenn auch erst nach vielen Dezennien, zur Ermittlung der bis jetzt noch gänzlich unbekannten Bewegungsvorgänge in den Nebeln führen."

Die wahrscheinliche Anzahl der kosmischen Nebelflecke. Nachdem im Laufe vieler Jahre durch die Nachforschungen der beiden Herschel, des Lord Rosse, d'Arrests, Tempels und anderer die Zahl der bekannten kosmischen Nebelflecke auf etwa 6000 gestiegen war, hat die Einführung photographischer Aufnahmen des Himmels gleich anfangs ergeben, daß damit nur der kleinste Teil dieser Gebilde entdeckt sei. Prof. Keeler kam, nachdem er eine große Anzahl von Aufnahmen mittels des Crossleyreflektors untersucht hatte, sogar zu dem Ausspruche, daß die unsern Hilfsmitteln zugänglichen Nebelflecke des Himmels wohl auf 120000 an Zahl zu veranschlagen sein müssen. Gemäß dem von ihm entworfenen Programm sollten photographische Aufnahmen von 104 der hellern Nebelflecke und Sternhaufen in allen Teilen des Himmels nördlich von 25° südl. Deklination auf der Licksternwarte ausgeführt werden, um über Zahl und Verteilung dieser Objekte genauer urteilen zu können. Nachdem dieses Programm jetzt vollständig ausgeführt worden ist, gibt C. D. Perrine eine neue Schätzung über die Menge der kosmischen Nebel.[1]) Er teilt mit, daß in 57 der erwähnten Regionen des Himmels 745 neue Nebel auf den Platten entdeckt worden sind, von denen fast alle sehr lichtschwach und klein sind. Regionen, in welchen keine neuen Nebel entdeckt wurden, sind durchgängig diejenigen rings um Sternhaufen und sehr große Nebel, diese 142 an der Zahl. Letztere den erstgenannten zugezählt, gibt eine Gesamtsumme von 887 Nebelflecken. Dies gibt für jede Platte durchschnittlich 805 Nebelflecke. Da nun 62000 solcher Platten

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 64.

erforderlich sind, um die ganze Fläche des Himmels zu bedecken, so folgt, daß an dieser 500000 Nebel vorhanden sind, welche der Crossleyreflektor unter gewöhnlichen Verhältnissen darstellen würde. Nun ist aber nach Perrines Ansicht unzweifelhaft, daß längeres Exponieren, empfindlichere Platten und vollkommenere Photographien unzweifelhaft noch eine Menge von Nebeln herausbringen würden, die uns jetzt entgehen oder mit schwachen Sternen zusammengeworfen werden. Daher scheint es Perrine durchaus wahrscheinlich, daß die schließliche Zahl der für uns wahrnehmbaren kosmischen Nebelflecke e i n e M i l l i o n überschreitet.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die Arbeiten zur Bestimmung der Gestalt der Erde und den heutigen Standpunkt derselben hat Prof. A. Börsch dargelegt.[1]) „Bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts glaubte man, durch wenige in möglichst verschiedenen Breiten gelegene und mit äußerster Genauigkeit ausgeführte Gradmessungen — und zwar kamen damals fast nur Breitengradmessungen in Betracht — die Elemente des Erdellipsoids, nämlich die Länge der halben großen Achse und die Abplattung, bestimmen zu können, eine Anschauung, die besonders scharf in der hierauf begründeten Ableitung eines sogenannten natürlichen Längenmaßes, des Meters, zutage tritt. Differenzen, die sich in der Länge der Breitengrade in verschiedenen Gegenden, unter denselben und unter verschiedenen Breiten, gegen die theoretischen Werte ergaben, wurden den Beobachtungen, vorzüglich aber den astronomischen Bestimmungen, zur Last gelegt. Jedoch fing man schon an, größere Unterschiede zwischen den beobachteten und den aus den trigonometrischen Messungen unter Zugrundelegung eines bestimmten Ellipsoids berechneten Breiten durch lokale Attraktionen, zunächst durch solche sichtbarer Massen, zu erklären. Orte mit solchen lokalen „Lotstörungen" hielt man für ungeeignet zur Anlegung astronomischer Stationen. Durch die infolge der Vervollkommnung der Instrumente und der Beobachtungsmethoden immer häufiger als solche erkannten Lotstörungen veranlaßt, kam man gegen das Ende des 18. Jahrhunderts auf die Idee, durch schickliche Wahl der Lage und der Dimensionen eines besondern „Referenz"-Ellipsoids diese Lotabweichungen für ein beschränktes Gebiet, wie z. B. Großbritannien und Irland, möglichst klein zu machen. Der Erfolg war jedoch gering. Man glaubte gleichwohl noch längere Zeit hindurch, aus den bereits vorhandenen Gradmessungen mit einiger Sicherheit ein allgemeines Erdellipsoid ableiten zu können, was scheinbar die aus verschiedenen Berechnungen hervorgegangenen,

[1]) Verhandlungen des 3. Internationalen Mathematikerkongresses zu Leipzig 1905. p. 459 ff.

ziemlich übereinstimmenden Werte der halben großen Achse und der Abplattung der Erde bestätigten, wie sie u. a. durch Walbeck, Airy und Bessel (1841) ermittelt wurden. Die Besselschen Werte der Größe und Gestalt der Erde galten lange Zeit als die besten, und auch heute liegen sie noch den Berechnungen vieler und ausgedehnter Landesvermessungen zugrunde. Indessen ergaben neuere Ableitungen aus den Jahren 1866 und 1880 durch A. R. Clarke gegen Bessel eine Vergrößerung der halben großen Achse um etwa 1 *km* und eine solche der Abplattung von 1 : 299 auf 1 : 293. Man war sich hierbei, abgesehen von einigen andern Bedenken, darüber klar, daß sich die so bestimmte Form nur den einzelnen Gradmessungen möglichst gut anschließt, aber z. B. kontinentale Unregelmäßigkeiten in der Gestalt der Erde verdeckt werden können. Bei einer nachträglichen trigonometrischen Verbindung zweier Breitengradmessungen müßte sich dieser Umstand bemerkbar machen. So äußerte dieser sich bei der 1889 bewirkten Verbindung der russisch-skandinavischen mit der englisch-französischen dadurch, daß sich eine windschiefe Verdrehung beider Meridianbogen gegeneinander im Betrage von etwa 5″ ergab, die später (1900) auf einem andern Rechnungswege bestätigt wurde. Der hervorragende Einfluß, den die ostindische Gradmessung, sowohl infolge ihrer Ausdehnung, als auch auf Grund ihrer geographischen Lage in der Nähe der Äquators zwischen dem Indischen Ozeane und dem Himalaya mit dem Hochlande von Tibet, auf die Bestimmung der Erdelemente ausüben mußte, vermehrte zunächst die Zweifel an der Möglichkeit einer genauen Bestimmung der Erdgestalt als Rotationsellipsoid; läßt sich ihr doch überdies ein Besselsches und ein Clarkesches Ellipsoid fast gleich gut anpassen.

Die Folgerungen, die bereits aus den 1828 bekannten Ergebnissen für die Weiterentwicklung und die Aufgaben der wissenschaftlichen Geodäsie zu ziehen waren, hat wohl Gauß in der „Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen Göttingen und Altona“ zuerst in voller Klarheit ausgesprochen. „Nach unserm Dafürhalten“, sagte er, „betrachtet man diesen Gegenstand (nämlich das Auftreten von Lotabweichungen) aus einem falschen Gesichtspunkte, wenn man bei solchen Erscheinungen immer nur von Lokalablenkungen der Lotlinie spricht, und sie also gleichsam nur als einzelne Ausnahmen ansieht. Was wir im geometrischen Sinne Oberfläche der Erde nennen, ist nichts anderes als diejenige Fläche, welche überall die Richtung der Schwere senkrecht schneidet, und von der die Oberfläche des Weltmeeres einen Teil ausmacht. Die Richtung der Schwere an jedem Punkte wird aber durch die Gestalt des festen Teiles der Erde und seine ungleiche Dichtigkeit bestimmt, und an der äußern Rinde der Erde, von der allein wir etwas wissen, zeigt sich diese Gestalt und Dichtigkeit als höchst unregelmäßig; die Unregelmäßigkeit der Dichtigkeit mag sich leicht noch ziemlich

tief unter die äußere Rinde erstrecken und entzieht sich ganz unsern Berechnungen, zu welchen fast alle Daten fehlen. Die geometrische Oberfläche ist das Produkt der Gesamtwirkung dieser ungleich verteilten Elemente, und anstatt vorkommende unzweideutige Beweise der Unregelmäßigkeit befremdend zu finden, scheint es eher zu bewundern, daß sie nicht noch größer ist. Wären die astronomischen Beobachtungen einer zehn- oder hundertmal größern Genauigkeit fähig, als sie gegenwärtig haben, so würden sie diese Unregelmäßigkeit ohne Zweifel überall nachweisen. Bei dieser Lage der Sache hindert aber nichts, die Erde im ganzen als ein elliptisches Umdrehungssphäroid zu betrachten, von dem die wirkliche (geometrische) Oberfläche überall bald in stärkern, bald in schwächern, bald in kürzern, bald in längern Undulationen abweicht. Wäre es möglich, die ganze Erde mit einem trigonometrischen Netze gleichsam zu umspinnen, und die gegenseitige Lage aller Punkte dadurch zu berechnen, so würde das idealische Umdrehungssphäroid dasjenige sein, auf welchem berechnet die Richtungen der Vertikalen die möglichst beste Übereinstimmung mit den astronomischen Beobachtungen gäben."

Als mathematische Erdgestalt wird mit den Worten Bessels diejenige Fläche definiert, die die Oberfläche des Wassers eines mit dem Meere zusammenhängenden, die Erde bedeckenden Netzes von engen Kanälen bilden würde, wobei aber das Wasser in relativer Ruhe gegen den Erdkörper, also ohne Strömungen und ohne die Einwirkungen von Sonne und Mond (Ebbe und Flut) und der Winde und unter unveränderlichem Luftdrucke an der Meeresoberfläche gedacht wird. Für diese Fläche ist dann später von J. B. Listing der Name Geoid eingeführt worden.

Gauß wies auch darauf hin, daß zur Untersuchung des Geoids nicht Vervielfältigung der Gradmessungen die Hauptsache ist, sondern die Ausführung möglichst ausgedehnter und im Zusammenhange stehender trigonometrischer und astronomischer Messungen; er beklagt sich bitter über die Schwierigkeiten mancher Art, die diesem Zusammenschlusse schon damals innerhalb Deutschlands und seiner Nachbarländer entgegenwirkten. General Baeyer suchte diese Forderung zunächst für Zentraleuropa 1861 durch die Begründung der Mitteleuropäischen Gradmessung zu erfüllen, mit der ausgesprochenen Absicht, die Krümmungsverhältnisse der Erde in dem fraglichen Gebiete zu untersuchen. Die Mitteleuropäische Gradmessung erweiterte sich 1867 zur Europäischen und 1886 nach Baeyers Tode, und nachdem fast alle Kulturstaaten der Konvention beigetreten waren, zur internationalen Erdmessung. Durch sie und die großen Mittel, die ihr nach jeder Richtung hin, besonders auch in der Personen- und Geldfrage, zur Verfügung stehen, angeregt, konnte man der Frage nach der Möglichkeit der Bestimmung des Geoids oder wenigstens einzelner seiner Teile, sowie der Feststellung

der dazu nötigen Erfordernisse theoretischer und praktischer Natur näher treten. Man mußte vor allen Dingen untersuchen, ob die Lösung der Aufgabe ohne Hypothesen über das Bildungsnetz der Fläche möglich sei, und ob für den Fall, daß man aus praktischen Gründen gewisse Hypothesen zuzulassen gezwungen wird, sich ihr Einfluß mit hinreichender Schärfe ermitteln oder als belanglos gegenüber den durch die Beobachtungsfehler verursachten Unsicherheiten nachweisen läßt.

Weil man nur auf einem kleinern Teile der Erdoberfläche hinreichend genaue Beobachtungen anstellen kann, so ist es zunächst unmöglich, das Geoid als Ganzes zu ermitteln. Drastisch erläutert dies H. Bruns (1878) durch den Ausspruch: „Ebensowenig, wie man versuchen wird, das Bild, welches eine geognostische Karte gewährt, mit einigem Anspruche auf Treue in eine Formel zu zwängen, ebensowenig wird man auf ein brauchbares Resultat rechnen dürfen, wenn man es unternimmt, für die Gestalt der Geoide einen Ausdruck zu suchen, der die wahre Form derselben bis auf Quantitäten von der Ordnung der Beobachtungsfehler angibt."

Prof. Börsch gibt dann einen Überblick über die Rolle, welche die Ermittlung der Intensität der Schwerkraft (durch Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels) bei den Untersuchungen über die allgemeine Erdgestalt für sich allein und im Zusammenhange mit den Gradmessungen spielt. Der französische Geometer Clairaut leitete 1738 unter der Annahme, daß ein homogen geschichtetes Rotationsellipsoid Gleichgewichtsfigur der Erde sei, sein bekanntes Theorem ab, das die Abplattung mit der Schwerkraft am Äquator und am Pole und mit der Schwungkraft am Äquator in Beziehung setzt. Unter andern haben dann später besonders G. G. Stokes, H. Bruns und F. R. Helmert zur Verallgemeinerung dieses Theorems beigetragen. Die neueste Bestimmung der Abplattung des Normalsphäroids aus den Schweremessungen durch Helmert im Jahre 1901, die sich nur wenig von seinem 1884 gefundenen Resultat unterscheidet, ergibt hierfür mit einer relativ großen Sicherheit 1 : 298.3. Diese Untersuchung erstreckte sich getrennt auf eine sehr große Anzahl von Festlands- und von Küstenstationen, die auf die Mittelbreiten von 5 bis 75° in Intervallen von je 5° verteilt sind; die Stationen auf kleinen Inseln in tiefem Wasser wurden ihres besondern Verhaltens wegen vorerst noch ausgeschlossen. Die gute Übereinstimmung der aus beiden Gruppen einzeln erhaltenen Werte der Abplattung ist für die Schätzung der Genauigkeit der genannten Zahl besonders wertvoll.

Da die Bestimmung der Abplattung aus den Gradmessungen, zum Teile schon wegen ihrer jetzigen Verteilung, und auch ihre Ableitung aus astronomischen Daten, aus Mondstörungen und aus der Präzessionskonstanten, deren Ergebnisse sich aber gleichwohl dem neuen Werte nahe anschließen, ungenauer ist, so ist der Helmertsche

Wert heute als der beste anzusehen. Dagegen kann man aus hinlänglich ausgedehnten Gradmessungen, etwa von über 2000 *km* Ausdehnung, unter Annahme des genannten Abplattungswertes, sehr wohl die halbe große Achse des Erdellipsoids ableiten. Vorläufige Untersuchungen im Zentralbureau der Internationalen Erdmessung zu Potsdam, bei denen vor allem auch die beiden neuen großen Längengradmessungen, die europäische in 52° und die nordamerikanische in 39° Breite, berücksichtigt wurden, haben für die halbe große Achse den abgerundeten Wert 6378 *km* ergeben.

Wenn die Schwere auf der ganzen Erdoberfläche bekannt wäre, so könnte man nach einer Formel von G. G. Stokes (1849) die regionalen Erhebungen des Geoids gegen das Normalsphäroid aus den Schwerestörungen, d. h. aus den Abweichungen der auf die Meeresfläche reduzierten beobachteten Schwere von der berechneten, ableiten. Abgesehen davon, daß auch für die Zukunft nur in ganz besonders günstigen Fällen eine solche Verteilung der Schwerestationen möglich sein wird, um mit einiger Sicherheit jene regionalen Erhebungen für einzelne Punkte bestimmen zu können, ist die Formel zur Ermittlung der allgemeinen Erdgestalt schon dadurch unbrauchbar, weil sie nur die Variationen des Radius vector liefert, während sein Mittelwert anderweit gegeben sein muß. Dieser kann allein durch Gradmessungen ermittelt werden. Endlich kann aus Schwerkraftmessungen in Verbindung mit Höhenmessungen allein ein mittlerer Erdradius nur in ganz roher Weise abgeleitet werden. Die Gradmessungen werden daher auch aus diesen Gründen ihre Unentbehrlichkeit bei der Ableitung der allgemeinen Erdgestalt behaupten.

Seit der Einführung der Potentialtheorie in die Untersuchungen über die Erdgestalt dachte man natürlich sehr bald daran, die Erhebungen und Senkungen des Geoids gegen das Normalsphäroid, die durch die Anziehung der sichtbaren und verschieden dichten Massen der Erdrinde, hauptsächlich infolge des Gegensatzes von Festländern und Ozeanen, entstehen müssen, durch Rechnung, wenn auch zuerst nur in roher Schätzung, zu ermitteln. Nach den mehr theoretischen Betrachtungen von G. G. Stokes (1849) waren es besonders Ph. Fischer (1868) und J. B. Listing (1872 und 1878), die unter mancherlei, zum Teile unzutreffenden Annahmen solche Rechnungen anstellten. So fand Fischer, daß sich an den Küsten der Festländer das Geoid um 600 *m* erhebt, die unter den Festländern bis auf 1000 *m* steigen könnten; nach Listing sollten sogar die Depressionen der Meeresfläche allein über 1000 *m* betragen, so daß ihm Störungen des Radius vector bis 2000 *m* möglich erscheinen. H. Bruns stellte 1878 zuerst auf richtigen Voraussetzungen beruhende Untersuchungen an, wobei freilich die Verteilung von Wasser und Land noch sehr idealisiert angenommen wurde, und fand, daß man wohl noch zugeben könne, daß das Geoid gegen das Normalsphäroid Aus-

und Einbiegungen besitze, deren Beträge zwischen ± 500 *m* enthalten seien. Zu ähnlichen Resultaten (zwischen — 400 *m* und + 300 *m*, jedenfalls aber auch unter ± 500 *m*) kommt Helmert 1884, indem er, abgesehen von andern Annahmen, die Kontinente in angemessener Weise durch fünf abgestumpfte Kreiskegel ersetzt denkt. Durch eingehende Untersuchungen über den Verlauf der Schwerkraft gelangt er aber zu der Ansicht, daß mit der Annahme von Störungsmassen, die der äußern Figur der Festlandsmassen entsprechen, das beobachtete Verhalten der Schwerkraft, wonach sie sich auf den kleinern Inseln der Ozeane stets größer zeigt als auf dem Festlande, unvereinbar ist. Es wird also schon eine Kompensation der Festländer durch unterirdische Massendefekte als wahrscheinlich angenommen. Anderseits hatte aber Faye (1880 und 1886) die Hypothese aufgestellt, daß die Dichtigkeit gewisser Erdschichten unter den Ozeanen größer sei als die der entsprechenden unter den Festländern. Unter diesen Umständen würden dann die Höhenstörungen des Geoids nur Bruchteile von ∓ 500 *m* betragen. Die Ergebnisse der Gradmessungen und die der Pendelmessungen in Vorderindien hatten übrigens schon 1855 J. H. Pratt zu der Annahme geführt, daß die Massenanhäufungen, welche der äußern Begrenzung der Kontinentalmassen entsprechen, durch Dichtigkeitsverminderungen bis zur Tiefe von einigen hundert Kilometern ausgeglichen werden.

Die große Ausdehnung, die die Schwerkraftsmessungen erfahren haben, seitdem es das v. Sternecksche invariable Halbsekundenpendel ermöglicht, leicht, rasch und mit großer Genauigkeit relative Bestimmungen der Schwerkraft auszuführen, in Verbindung mit neuen Erfahrungen über die Verteilung der Lotabweichungen, gaben Helmert 1890 die Mittel in die Hand, in seiner „Schwerkraft im Hochgebirge“ nachzuweisen, daß die Abstände des Geoids vom Normalsphäroid unterhalb der Grenzen von ± 200 *m* bleiben, und daß deshalb die Gebirge und auch die Kontinente zum größten Teile durch unterirdische Massendefekte kompensiert seien. Schon 1899 konnte aber Helmert auf Grund seiner frühern Untersuchungen und aus den Ergebnissen der Gradmessungen, besonders der neuen europäischen Längengradmessung in 52° Breite, schließen, daß sich alle Störungen des Geoids, auch die kontinentaler Natur und die unter den Ozeanen, sogar in den Grenzen ± 100 *m* bewegen werden. Diese ± 100 *m* sind aber vollkommen ausreichend, um den Widerspruch in den aus den Gradmessungen und den Pendelmessungen erhaltenen Werten der Abplattung zu erklären. Auch die vorher erwähnte windschiefe Lage des russischen Breitenbogens, gegenüber dem französisch-englischen, würde sich auf eine durch kontinentale Anziehung verursachte Erhebung des Geoids in dem südlichen Teile der ersten im Betrage von unter 50 *m* zurückführen lassen.

Zur vollständigen Bestätigung der angeführten Zahlen war es aber von der größten Wichtigkeit, auch über den Tiefen des Ozeans

Schweremessungen ausführen zu können; doch zeigten sich alle Vorschläge, dies zu ermöglichen, als ungeeignet und zu ungenau. Erst 1901 gelang es O. Hecker, auf Helmerts Anregung hin, durch vergleichende Beobachtungen an Quecksilberbarometern und Siedethermometern (nach Mohn) auf dem Atlantischen Ozeane zwischen Hamburg, Lissabon und Rio de Janeiro die Schwerkraft mit der nötigen Sicherheit zu bestimmen. Das Ergebnis war, daß die Schwerkraft auf dem tiefen Wasser des Atlantischen Ozeanes zwischen Lissabon und Bahia als normal und der kontinentalen Schwereformel Helmerts von 1901 entsprechend gefunden wurde. Auch die von Nansen bei seiner Polarfahrt über dem tiefen Polarmeere auf dem Eise angeordneten Pendelmessungen bestätigen diese Erfahrung. Man kann also mit der Prattschen Hypothese von der überall vorhandenen isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste (wenn auch nur im Sinne einer allgemeinen Regel) als einer Tatsache rechnen und behaupten, daß sich die radialen Anomalien des Geoids in den vorher angegebenen Grenzen von $\pm$ 100 *m* halten. Man mag sich etwa vorstellen, daß die Massen- und Dichtenunterschiede der physischen Erdoberfläche im wesentlichen durch Massenverschiebungen aus einer ursprünglich homogenen oder homogen geschichteten Erdrinde entstanden sind. Natürlich braucht man sich diese Isostasie nicht für jedes Quadratmeter der Erdoberfläche erfüllt zu denken, sondern vielleicht für Kreise von einigen hundert Kilometern Radius, um von der Größenordnung dieser Zahl eine angenäherte Vorstellung zu geben. Hierauf weisen auch die auf Grund der Attraktionswirkungen sichtbarer Massen berechneten relativen Lotabweichungen hin, die bei deren Berücksichtigung bis auf 25 bis 40 *km* Umkreis, durch die beobachteten Lotabweichungen meistens angenähert dargestellt werden. Dazu kommt noch, daß die geometrischen Nivellements nach Anbringung des normalen Teiles der durch die Nichtparallelität der Niveauflächen bedingten Reduktionen ergeben haben, daß die Mittelwasser der Europa umspülenden Meere bis auf Beträge von der Ordnung der Beobachtungsfehler und bis auf solche, die durch lokale Störungen, wie vorherrschende Winde, verursacht werden, einer Niveaufläche angehören.

Eine wichtige Folge der skizzierten Resultate ist, daß man sich nunmehr die in der bisher üblichen Weise berechneten trigonometrischen Messungen mit ausreichender Genauigkeit als auf ein bestimmtes „Referenz"-Ellipsoid übertragen denken kann. Relative Lotabweichungen von etwa 100″ sind nur noch in ganz vereinzelten Fällen zu erwarten; meistens werden sie unter 10 bis 20″ bleiben und keinen sich über größere Gebiete erstreckenden systematischen Charakter annehmen. „Schließlich geht Prof. Börsch auf die Methoden ein, die für die tatsächliche Darstellung von Flächenstücken des Geoids in begrenzten Vermessungsgebieten in Frage kommen, wobei

er sich, der historischen Entwicklung folgend, im allgemeinen auf die Vorschläge beschränkt, die ein in sich abgeschlossenes Bild gewähren und mit den Namen Yvon Villarceau, H. Bruns und F. R. Helmert verknüpft sind."

Vorläufige Ergebnisse des internationalen Breitendienstes in der Zeit von 1904.0 bis 1905.0 hat Prof. Th. Albrecht veröffentlicht.[1]) Hiernach scheint es, daß das Jahr 1904 bereits einer Periode der Abnahme der Amplitude der Breitenvariation angehört.

Periodische Verschiebungen des Schwerpunktes der Erde. Schon vor vier Jahren hat Prof. Dr. R. Spitaler nachgewiesen, daß das jährliche Glied der Polschwankung, wie es sich aus den Beobachtungen ergibt, durch die jahreszeitlichen Luftmassenverschiebungen näherungsweise erklärt werden kann. Prof. F. Klein und A. Sommerfeld, welche diese Ergebnisse mit der Theorie der Polbewegung verglichen haben, fanden, daß eine allgemeine Übereinstimmung wenigstens der Größenordnung und dem Sinne der Bewegung des Trägheitspoles nach vorhanden ist. Die tatsächlich bestehenden Unterschiede können entweder durch unsere noch ziemlich vollständige Unkenntnis der arktischen und antarktischen Luftdruckverhältnisse oder dadurch erklärt werden, daß außer den Lufttransporten noch andere meteorologische Prozesse (Wassertransporte etc.) die jährliche Bewegung des Rotationspoles beeinflussen. Jedenfalls hat man zu der Annahme guten Grund, daß es bei weiterer Anreicherung des Beobachtungsmateriales möglich sein wird, den jährlichen Bestandteil der Polschwankungen aus meteorologischen Massentransporten befriedigend zu erklären.

Es hat nun weiterhin Prof. Kimura aus den Beobachtungen des internationalen Breitendienstes noch eine jährliche kleine Welle in den beobachteten Polschwankungen nachgewiesen, die unabhängig ist von der geographischen Länge des Beobachtungsortes, und Prof. Albrecht hat dieselbe bestätigt gefunden. Wodurch diese sehr kleine Schwankung bedingt wird, darüber läßt sich jetzt noch nichts Näheres sagen.

Eine mögliche Ursache wäre eine gemeinsame Schwankung der Lote, hervorgerufen durch eine Verschiebung des Gravitationszentrums der Erde in der Richtung der Polarachse, worauf Chandler zuerst hingewiesen hat. Da nun die Vermutung naheliegt, daß diese Verschiebung des Schwerpunktes der Erde durch die jährlichen Verschiebungen von Luft- und Wassermassen auf der Erdoberfläche verursacht wird, hat Prof. Spitaler, einer Anregung Prof. Küstners folgend, an der Hand des seiner eingangs genannten Arbeit zugrunde gelegten Zahlenmateriales untersucht, ob und von welcher Größe

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4017.

sich aus den Luftmassenverschiebungen auch eine periodische Vorlagerung des Schwerpunktes der Erde ergibt.

Er hat das Ergebnis seiner Arbeit der Wiener Akademie der Wissenschaften vorgelegt.[1]) Es ergibt sich, daß infolge der periodisch wandernden Luftmassen sich die Lage des gemeinsamen Schwerpunktes periodisch im Erdkörper verschieben muß. Allein wegen der Kleinheit der Luftmassen gegenüber der Masse der Erde sind die so entstehenden Verschiebungen des Schwerpunktes der ganzen Erde äußerst klein und können die von Kimura entdeckte Schwankung der Polbewegung nicht erklären. Da mit den periodischen Luftdruckschwankungen wahrscheinlich auch periodische Verschiebungen von Wassermassen verbunden sind, indem dort, wo der Luftdruck gesunken ist, zur Herstellung des Gleichgewichtes sich der Luftdruckänderung entsprechende Wassermassen ansammeln werden, also beispielsweise im Januar auf dem Gebiete des barometrischen Minimums im nordatlantischen und nordpazifischen Ozeane, während unter dem erhöhten Luftdrucke daselbst im Juli entsprechende Wassermassen weggedrängt werden, hat Prof. Spitaler auch die damit verbundenen Schwerpunktsänderungen berechnet. Es ändert hiernach auch dieser Umstand nichts an dem bereits Gesagten, daß auf diese Weise das Kimurasche Glied der Polbewegung nicht erklärt werden kann.

Bodenbewegungen bei Berlin. Sorgfältige Nivellements der geodätischen Abteilung der landwirtschaftlichen Hochschule, welche in Westend (Berlin) seit 1891 angestellt worden sind, haben zu merkwürdigen Ergebnissen geführt, welche auf Bewegungen der Erdrinde oder kleine örtliche Lotschwankungen, leise Wellen des Geoids, führen. Prof. Dr. O. Eggert hat hierüber einen interessanten Bericht veröffentlicht,[2]) wonach die Nivellements vom 1. März 1893 bis zum 21. August 1900 eine ausgesprochene Hin- und Herbewegung der Normalen in südwestlich-nordöstlicher Richtung von etwa 0.2″ zeigen, dann aber bis zum Oktober 1901 Unregelmäßigkeiten (vielleicht durch Eigenbewegungen einzelner Höhenmarken), während seitdem bis zum Schlusse der Messungen im Oktober 1903 die ursprüngliche Regelmäßigkeit der Bewegung wieder beginnt. Schon früher ist die Frage aufgeworfen worden,[3]) ob Veränderungen von Höhenunterschieden, wie sie hier beobachtet sind, sich durch Schwankungen der Niveaufläche erklären ließen. Da durch solche Schwankungen auch die geographische Breite beeinflußt wird, so müßten genaue Polhöhenbeobachtungen die Ergebnisse des Nivellements

[1]) Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse 114. Abt. IIa. Juni 1905. p. 695 ff.
[2]) Zeitschrift für Vermessungswesen 1905.
[3]) Verhandlungen der 1898 in Stuttgart abgehaltenen allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung p. 43.

bestätigen. Leider liegen derartige astronomische Beobachtungen in Westend oder Berlin nicht vor. Jedoch sind für einen Teil gleichzeitige Polhöhenbestimmungen durch das Geodätische Institut in Potsdam ausgeführt worden, die deshalb zu einem Vergleiche herangezogen wurden, ohne die Bedenken gegen die Zulässigkeit eines solchen Vergleiches zu übersehen. Es ergab sich in der Tat eine Übereinstimmung der durch astronomische Messungen und durch Nivellements gefundenen Lotschwankungen nach Richtung und Größe, die durch den Zufall allein wohl kaum zu erklären ist. „Die Annahme gleichartiger und gleichzeitiger Veränderungen der Lotrichtung in Potsdam und Westend ist nicht gut denkbar, da hiermit Höhenänderungen verbunden wären, die sich auch schon bei andern Nivellements bemerkbar gemacht hätten. Man müßte also lokale Schwankungen der Lotrichtung annehmen, die allerdings in Potsdam und Westend gleichartigen Charakter und zeitweilig auch übereinstimmenden Verlauf zeigen. Ein Beweis für solche lokale Schwankungen der Niveaufläche ist durch diese wenigen Beobachtungen freilich nicht geliefert, jedoch fordern die vorliegenden Ergebnisse dazu auf, weitere Untersuchungen hierüber anzustellen, um so mehr, als auch die Resultate der durch das Geodätische Institut in Potsdam ausgeführten Nivellements[1]) Schwankungen der Lotrichtung vermuten lassen. Durch Nivellements allein kann die Frage nicht erschöpfend beantwortet werden, es müßten an demselben Orte und gleichzeitig Beobachtungen der geographischen Breite ausgeführt werden."

Oberflächengestaltung.

Versuche, ein allgemeines Gesetz für die Erdgestaltung aufzustellen sind in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten gemacht worden. Unter denselben ist die Tetraederhypothese von Lowthian Green eine der ältern. Sie ist kaum beachtet, in neuer Zeit aber wieder von Geographen und Geologen der Vergessenheit entrissen worden. Mit ihr und einigen andern Hypothesen beschäftigt sich Dr. Th. Arldt.[2]) „Der erste," sagt er, „der tetraedrische Elemente im Aufbaue der Erde vermutete, war Richard Owen.[3]) Er versuchte, die

[1]) R. Schumann, Ergebnisse einer Untersuchung über Veränderungen von Höhenunterschieden auf dem Telegraphenberge bei Potsdam. Veröffentlichung des Kgl. Preußischen Geodätischen Instituts. Berlin 1904.

[2]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 7. p. 283 ff.

[3]) Richard Owen, Key to the Geology of the Globe. An essay designed to show, that the present geographical, hydrographical and geological structures observed on the earth's crust were the result of forces acting according to fixed demonstrable laws analogous to those governing the development of organic bodies. 1857.

tektonischen Einzelheiten der Erdkruste nach drei Scharen von Hauptkreisen zu ordnen, deren gleichliegende Schnittpunkte mit dem Äquator je 120° voneinander abstehen, indem die nordöstlichen Zweige den Äquator etwa auf den Meridianen 67,5°, 187.5°, 307.5° O, die dazu gehörigen nordwestlichen Zweige auf den Meridianen 247.5°, 7.5°, 127.5° O. schneiden. Durch jeden dieser Punkte läßt Owen vier Hauptkreise A—D hindurchgehen, die die Breitengrade 78°, 66.5°, 50° und 23.5° berühren und sich in der Breite 67°, 49°, 31°, bzw. 12.5° N. schneiden. Diese Schnittpunkte entsprechen den Eckpunkten der Grundfläche eines Tetraeders, dessen vierte Ecke im Südpole gelegen ist. Eine eigentliche tetraedrische Theorie aber wurde erst von Lowthian Green[1]) aufgestellt und eingehend begründet, begegnete aber anfänglich vielem Spotte, entfernt sich doch von allen regelmäßigen Körpern das Tetraeder am weitesten von der Kugel. Endlich aber fand sie, und zwar zuerst in Frankreich günstigere Aufnahme, wo Lapparent sie weiter ausbaute und in mehrern seiner Werke für sie eintrat. Zu ähnlichen Resultaten wie dieser Gelehrte kam bei der Untersuchung der Größe der Erdabplattung Du Ligondés. Michel Levy und Marcel Bertrand suchten das Tetraeder hauptsächlich der Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen und dem Zuge der Faltengebirge anzupassen. Preston[2]) sprach sich auf Grund von Schweremessungen für die tetraedrische Hypothese aus. Endlich gaben J. W. Gregory, Emerson und Prinz zusammenfassende Überblicke über die bisherige Entwicklung der Theorie. Während aber die beiden ersten auf den Standpunkt der Theorie sich stellen und dieselbe weiter auszubauen suchen, verwirft der belgische Astronom die Tetraedergestalt der Erde und nimmt nur andere Teile von Greens Hypothese an. Übrigens ist keiner dieser Überblicke vollständig; die beiden ersten Forscher konnten Bertrands Vorschläge noch nicht berücksichtigen, während Prinz Emersons Veröffentlichung nicht benutzen konnte.“ Über Greens Hypothese sagt Dr. Arldt: „Green vergleicht die Erde mit einem Tetraeder und sucht dieses der Kugelform dadurch anzunähern, daß er an die Stelle der Kanten einmal gebrochene Linien einführt und dann auf die Tetraederflächen sechsseitige Pyramiden aufsetzt. Eine noch größere Annäherung läßt sich erzielen, wenn wir die Kanten und Flächen uns gekrümmt vorstellen, wie wir sie oft am ungeschliffenen Diamant wahrnehmen, ein Vergleich, der schon von Owen angestellt worden ist. Wir können in diesem Falle jede beliebige Annäherung an die Kugelform erzielen. Den Körper

---

[1]) Vestiges of the molten Globe as exhibited in the figure of the earth's volcanic action and physiography, by William Lowthian Green, Minister of Foreign Affairs to the king of the Sandwich Islands. Part I. London 1875. Part II. Honolulu 1887.

[2]) Preston, Report on the study of the earth's figure by means of the pendulum. Amer. Journ. Scienc. [3] **12**. p. 451.

nennen wir nach seiner Form am besten ein Tetraedroid. Wenn nun dieses auch nur wenig von der Sphäroidform abweicht, so müssen doch die Mitten der Flächen dem Schwerpunkte näher liegen, als die Ecken und Kanten. Würde eine Kugel mit dem Radius r im Sinne Greens in ein regelmäßiges ebenflächiges Tetraeder umgeformt, so würde der Mittelpunktstabstand der Flächen 0,5498 r, der Kanten 0,9523 r, der Ecken 1.6495 r betragen. Infolgedessen wird auf den Flächen das Wasser sich sammeln, dessen Oberfläche sphäroidisch sein muß. Die Flächen werden zu Meeren, die Kanten und Ecken bilden Land. Da nun das Tetraeder ein Körper, und zwar der einzige regelmäßige Körper ist, bei dem jeder Fläche eine Ecke gegenüber liegt, so müssen bei einer tetraedrischen Form der Erdkruste Land und Wasser antipodisch verteilt sein. Das ist aber gerade einer der hervorstechendsten Züge im Antlitze der Erde. Besser und kürzer als Worte es tun können, zeigt dies uns Gregorys Karte der antipodischen Erdräume. Nur wenigen Landgebieten, nach Lapparent nur $^1/_{20}$ der ganzen Landfläche, liegt Land gegenüber, so dem südlichen Südamerika das südöstliche Asien, dem Grahamslande die Taimyrhalbinsel, dem Viktoria- und Wilkeslande der nordamerikanische polare Archipel mit Grönland. Wenn also die Erde überhaupt mit einem regelmäßigen Körper verglichen werden kann, so kann dies nur das Tetraeder sein. Von den sechs Tetraederkanten läßt Green drei nordsüdlich verlaufen. Er sieht sie in den Erdteilpaaren Nord- und Südamerika, Europa-Afrika und Asien-Australien. Die beiden letzten Paare sind jetzt allerdings miteinander verwachsen, doch erst seit kurzer Zeit; bis zum Oligozän trennte ein vom arktischen Meere zum alten Ozeane Tethys reichender Meeresarm den alten Angarakontinent von Europa.

Arldt bespricht zuerst die Möglichkeit einer Umformung der urspünglich kugelförmigen Erde. „Das glühende Rotationsellipsoid der Erde,“ sagt er, „fing an, mit einer rasch an Dicke zunehmenden Schlackenkruste sich zu bedecken. Diese war aber noch sehr unbeständig, sie zerbrach in einzelne Schollen und konnte sich so immer von neuem dem allmählich kleiner werdenden Erdkerne anpassen, wenn auch jetzt schon seitliche Druckwirkungen in ihr zur Geltung kommen mußten. Schließlich war die Kruste genügend verfestigt, um nicht mehr ganz zu zerbrechen. Die Abkühlung des Erdkernes ging nun wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine und der frei werdenden Erstarrungswärme nur außerordentlich langsam vor sich, aber sie schritt doch fort, und ihr entsprechend verkleinerte sich der Inhalt des Erdkernes, so daß die Oberfläche zu groß wurde. Nun hat von allen regelmäßigen Körpern bei gleicher Oberfläche die Kugel den größten, das Tetraeder den kleinsten Rauminhalt. (Tetraederinhalt = 0,5498 × Kugelinhalt.) Nimmt daher das Volumen einer Kugel ab, ohne daß ihre Oberfläche dieser Abnahme folgen kann, so muß sie ihre Form ändern; sie nimmt

die Gestalt an, die ihr am längsten die Erhaltung ihrer Oberfläche gewährleistet, das ist eben die Tetraederform. Daß solche Umbildungen möglich sind, haben Fairburns Experimente mit eisernen Hohlzylindern gezeigt, deren kreisförmiger Querschnitt durch hohen Druck einem gleichseitigen Dreiecke mit abgerundeten Ecken und konkaven Seiten sich annäherte, einer Figur, wie wir sie auch bei einem Schnitte parallel zum Äquator durch die Südhalbkugel der Erde erhalten. Eine wirkliche tetraedrische Umbildung hat Lallemand bei Kautschukballons, Green bei Seifenblasen und bei im Wasser aufsteigenden Gasblasen beobachtet. Da die Erde nicht still steht, kann sie natürlich nicht die Form eines ebenflächigen Tetraeders annehmen, die tetraedrische Umformung wird immer nur klein sein, da durch sie rückbildende Kräfte geweckt werden, die die Erde in die Gestalt eines reinen Rotationskörpers zurückzuführen suchen. Die Rotation wirkt am stärksten in äquatorialen Gegenden, und ihre Geschwindigkeit nimmt immer rascher nach den Polen zu ab. Tetraedrische Züge werden wir daher deutlicher in höhern Breiten erkennen.

Auf die Einzelheiten der Darstellung von Arldt kann nicht eingegangen werden. Nur seine Zusammenfassung möge hier Platz finden. „Die Tetraedertheorie", sagt er, „erscheint auf den ersten Blick sehr sonderbar, eine vorurteilsfreie Prüfung derselben aber muß zu der Anerkennung führen, daß sie den großen Zügen des Erdreliefs sich recht gut anpaßt. Durch die tetraedrische Form der Erde ist die antipodische Lage von Land und Wasser bedingt, durch sie ist die dreiseitige Symmetrie der Erde, sowie die Zuspitzung der Festland- und Ozeanflächen verursacht. In ihr haben der Land- und Wasserring ihren Grund. Sie zeigt einen Ausweg zur Erklärung der Ostverschiebung, die Dana ein ungelöstes Problem der Geographie nannte, sowie zur Begründung der nördlichen Asymmetrie im Baue der Gebirge. Sie läßt uns Regelmäßigkeiten im Zuge der letztern, sowie in der Verteilung der alten Massive erkennen, sie erklärt die geringere Abplattung des Südpoles, sowie manche Unregelmäßigkeiten und scheinbare Widersprüche, auf die wir bei Schwerebeobachtungen und bei Gradmessungen gestoßen sind. Im Vereine mit der Theorie der Polverschiebung gibt sie uns einen Grund für die Neigung der Erdachse und läßt uns die Eigentümlichkeit der mittelmeerischen Zone sowie des pazifischen Feuerkreises verstehen. Der Theorie, die doch nach der gegenwärtigen Anordnung der tektonischen Elemente aufgestellt worden ist, widersprechen die Erscheinungen der Erdgeschichte nicht, und endlich ist die tetraedrische Umformung auch möglich; kurz außer den Gründen, die die Betrachtung des Globus uns bietet, sprechen auch physikalische, geodätische und geologische Gründe dafür. Damit müssen wir uns aber auch begnügen und nicht zuviel Einzelheiten mit tetraedrischen Linien in Verbindung bringen wollen wie Lévy und Ber-

trand. Wir dürfen immer nur Bogenstücke von größten Kreisen als wesentlich betrachten, nie die ganzen Kreise, und müssen uns dessen bewußt bleiben, daß die jetzigen tektonischen Linien keine primären sind und deshalb auch nicht nur von den tetraedrischen Kanten bestimmt werden. Das schließt den Weiterbau auf Grund der tetraedrischen Theorie nicht aus, der durch geeignete Verknüpfung anderer tektonischer Theorien, wie der von Sueß, Dana, Reyer, auszuführen ist."

Die Küstenformen der Halbinsel Istrien behandelt K. Schneider.[1]) „Wie ein Trapezoid, dessen längere Diagonale 94 *km* beträgt und von Nord nach Süd verläuft, ragt Istrien in die nördliche Adria hinein und schafft so zwei große Meerbusen, in deren Hintergrunde die rivalisierenden Handelsstädte Triest und Fiume liegen. Nur 50 *km* ist Istriens Festlandsseite, die übrige 460 *km* lange Grenzlinie bespülen die Wogen des Meeres. Diese Küste läßt sich leicht in drei Teile gliedern, von denen jeder einer andern Landschaft der Halbinsel angehört und auch einen andern Küstentypus aufweist.

1. Die im Mittel 660 *m* hohe Vena, worunter man mit den italienischen Geographen jenen Gebirgszug versteht, der die Halbinsel von ihrem Hinterlande scheidet, und über den nur drei Pässe den Verkehr vermitteln.

2. Das istrische Bergland mit 300 *m* mittlerer Höhe, die regione pedemontana der Italiener. Zu ihm gehört das Plateau von Albona.

3. Das istrische Flachland, die regione marittima oder kurz Istria rossa genannt, nach der terra rossa bezeichnet, die in diesem Teile in reichlicher Menge auf der Kreide auflagert.

Eine vollkommen selbständige Stellung nimmt auf der Halbinsel das Gebiet um Abbazia ein, das man als das Amphitheater von Abbazia bezeichnen kann.

Geologisch finden sich nur zwei Formationen auf Istrien: die Kreide und das Eozän. Vena und Flachland gehören im allgemeinen der Kreide an, während das Bergland sich aus den eozänen Schichten aufbaut. Zwischen beiden bemerkt man als ein drittes Glied einen schmalen Zug, der sich durch seine Kegelberge morphologisch von den benachbarten Gebieten unterscheidet, petrographisch dem Kreidekalk, faunistisch dem Eozän angehört und als Protozän das Übergangsglied zwischen beiden bildet.

Tektonische Verhältnisse haben die Höhenunterschiede zwischen Vena und Bergland geschaffen. Zu zwei gewaltigen, nach Südwesten überlegten Falten wurde das Kreidegebiet am Ende des Eozäns zur Vena aufgestaut. In dem übrigen Gebiete ist die Faltung nur mehr unbedeutend. Nur an zwei Stellen bricht die Kreide durch das darüberlagernde Eozän des Berglandes.

---

[1]) Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1905. Nr. 3. p. 145.

Ziemlich unvermittelt fällt das Bergland zum Meere ab, dessen Fluten, von der Triester Bora aufgewühlt, an dem Gestade wüten, so daß der Mensch durch Anlegen von festen Bauten dem Brandungswerke entgegentreten muß. Vallone, d. i. Tal, nennt der Anwohner diese Buchten.

Längs dieser ganzen 66 *km* langen Nordwestküste findet sich keine einzige Insel, das Meer ist kaum tiefer als höchstens 20 *m* und hat einen schlammig-sandigen Grund, das Material dazu bringen die Flüsse, oder waschen sich die Brandungswogen von dem Sandsteinfels. Auf diesem schlammigen Grunde ruhen vielfach die Grundpfeiler der Bauten Triests, und so sind denn die von hier bezeugten Senkungen wohl nur auf ein Sacken des Bodens zurückzuführen.

Für den gesamten Küstentypus, wie er an der Nordküste Istriens zur Entwicklung kam, hat man die Bezeichnung Vallonenküste — eine Modifikation der Riasküste — eingeführt.

„Bei der Pt. Salvore hebt durch 330 *km* hindurch bis zur Pt. nera an der Ostküste die zweite, für Istrien ganz besonders charakteristische Küstenform an. Auch sie ist eine Riasküste, aber vertritt die Nordküste den Vallonentypus, so hat dieser Teil eine vollkommen eigenartige Gestaltung.

Im nördlichen Teile der Halbinsel, ungefähr bis Citta nuova, wo die Senkung der Kreidefalten am tiefsten fortgeschritten ist, das istrische Flachland vom Meere aus fast wie eine Ebene erscheint, sind es nur ganz kleine Buchten, deren Rand fast die Form eines Halbkreises annimmt. An ihren Rändern nagt die Brandung, ohne aber jene Kliffs, Höhlen und Nischen hervorzubringen, wie sie an der Nordküste oder weiter südlich in der Umgebung von Rovigno oder Pola anzutreffen sind. Von Parenzo beginnen kleine Scoglien und Secchen (Untiefen) in größerer oder geringerer Entfernung bis zur Pt. Merlera die Küste zu begleiten. Becker[1]) führt 67 Scoglien namentlich an und findet für sie einen Flächeninhalt von 14 *qkm*, wobei die Brionigruppe mit 5.6 *qkm* inbegriffen ist. Alle diese kleinen Inseln sind Zeugen der ehemaligen Ausdehnung des Festlandes. Eine geringe negative Strandbewegung würde sie alle landfest machen. Sie sind nichts anderes als die Gipfel von Erhebungen, die sich im südlichen Flachlande finden, mit denen sie leicht in Verbindung gebracht werden können. Nur durch eine Senkung der Halbinsel wurden sie in ihre heutige Lage gebracht.“

Bei der Pt. nera hebt die dritte Küstenform Istriens an: die quarnerische. Die Fluten des Quarnero spielen an den Plattenkalken und Dolomiten der Vena. Von der Pt. Masnak an verläuft die Küstenlinie fast gerade, und nur durch die Meeresarbeit wurde eine feinere Modellierung geschaffen. Kaum 10 *m* vom Ufer entfernt sinkt der Boden des Quarnero 50 *m* und selbst 80 *m* zur Tiefe

[1]) Becker, Die Gewässer in Österreich, p. 488 f.

herab. Ein blauer Letten, wahrscheinlich das Verwitterungsmaterial des eozänen Sandstein-Mergelschiefers, bedeckt den flachen Meeresboden, der durch keinerlei Untiefen und Klippen unterbrochen wird.

Zahlreiche Quellen treten längs der Küste am Meeresboden auf, besonders zahlreich zwischen Abbazia und Ika; sie besitzen eine Temperatur von 11 bis 15°. Ja, bei Moschenizze soll nach Regengüssen im Meere draußen eine so mächtige Quelle hervorbrechen, daß ihr Aufwallen und Stoßen jeder Ruderbarke das Darüberfahren unmöglich macht.

Die ganze Küste ist durch einen Bruch hervorgerufen worden, der sich bis in die Mitte des Adriatischen Meeres erstreckt und gegen Ancona verläuft. Wenigstens deuten darauf die Süßwasserquellen, die in dieser Richtung bis in die Mitte der Adria zu verfolgen sind.

Auf die Strandverschiebungen, welche man an der Westküste Istriens beobachtet hat, kann heute noch nicht eingegangen werden, da das Material noch nicht hinlänglich beobachtet worden ist. So viel scheint aber festzustehen, daß tatsächlich eine Senkung der Küste in historischer Zeit stattgefunden hat, für welche Gnirs ein Maß von 1.5 *m* im südlichen Istrien annimmt, eine Zahl, welche Krebs für den nördlichen Teil der Halbinsel als wahrscheinlich hinstellt.[1]) Soweit man aber die Verhältnisse überschauen kann, sind diese Senkungen auf tektonische Ursachen zurückzuführen. Deuten ja die wiederholten Erdbeben in den Dinariden, die oft ganz bedeutend auch in Istrien zu verspüren sind, darauf hin, daß die endogenen Vorgänge in diesem Gebiete noch lange nicht zum Abschlusse gekommen sind."

Der Erdschias-Dagh ist von D. A. Penther und D. E. Zederbauer bereist worden. Dieselben haben zahlreiche Aufnahmen dieses Gebirges gemacht, aus denen J. Tschamler eine Spezialkarte desselben konstruierte.[2])

Das eigentliche Gebiet des Erdschias-Dagh reicht von Kaisarie im Norden bis Ewerek im Süden, also etwa 38 *km*, und besitzt fast dieselbe Ausdehnung in westöstlicher Richtung, bedeckt also eine Fläche von etwas über 1300 *qkm*. Gegen Norden findet es seine natürliche Abgrenzung durch die Ebene, in welcher Kaisarie gelegen ist, im Westen durch die Depression, in der die beiden Salzsümpfe, Sazlyk (das heißt Schilfmeer) und Sultan Sazy (das heißt Sultansschilf) liegen, und im Süden durch die Niederung von Ewerek; gegen Osten ist eine natürliche Begrenzung des engern Gebietes nicht gegeben, da die Ausläufer des Kotsch-Dagh, Kilissa Kaja und Maratschak nur ganz allmählich gegen Osten abfallen, doch gibt die letztgenannte Erhebung immerhin einen annehmbarern Abgrenzungs-

1) Krebs, Morphog. Skizzen p. 25.

2) Abhandlungen d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1905. 6. Nr. 1.

punkt als den östlichen. Das Gebiet ist, wie auch die weitere Umgebung, durchaus vulkanischen Charakters. Es wird durch eine bedeutende Bodendepression in zwei sehr ungleiche Teile geteilt: ein östlicher, in welchem der 2543 *m* hohe Kotsch-Dagh die höchste Erhebung bildet, und ein westlicher, dem der Erdschias-Dagh (3830 *m* Seehöhe) selbst angehört. Die Depression oder Furche verläuft ziemlich direkt von Norden gegen Süden. Der nördlichste Teil derselben ist offenbar auf Erosionstätigkeit des Wassers zurückzuführen und gewiß erst in späterer Zeit entstanden. Das Gleiche gilt auch von dem südlichen Teile, wenn auch hier die Auswaschungen von geringern Dimensionen sind und nicht so steile Wände geschaffen haben, was sich wohl durch die viel geringere Wassermenge, die diese Schlucht durchfließt, erklärt. Eine äußerlich ganz ähnliche Konfiguration sehen wir auch bei dem isoliert stehenden Illany-Dagh im Nordwesten des Gebietes, nur in bedeutend verjüngtem Maßstabe. Auch hier ist der Haupterhebung gegen Osten zu ein Kamm vorgelagert.

Der Kotsch-Dagh ist nach Penther vielleicht als der Rest eines alten östlichen Kraterrandes anzusehen, dessen innere Westwand nach und nach eingestürzt ist. Es schien dem Beobachter, abgesehen von der Verschiedenheit der ihn bildenden Gesteinsmassen, jedenfalls ein älteres Gebilde zu sein als der Hauptgipfel, wegen seines großen Wasserreichtumes und wegen seiner — damit wohl in Zusammenhang stehenden — reichern Flora und Fauna. Die beiden Erhebungen Kartyn und Pelikartyny sind wohl gewiß als Blocklavaströme aufzufassen. Der alte Krater wäre dann, selbst unter der Annahme, daß der Vulkan mindestens dieselbe Höhe gehabt hätte wie sie der Erdschias-Dagh heute besitzt, mit zu den größten zu zählen, die existiert haben. Im westlichen Teile dieses Kraters erhob sich dann der heutige Erdschias-Dagh, und manche der parasitären Kegel, als Lifos, Ali-Dagh, Illany-Dagh und Karasiwri, wären dann nicht als Nebenvulkane des Erdschias-Dagh aufzufassen, sondern dem alten Kotsch-Dagh zugehörig, da auch sie in einer frühern Periode entstanden sein dürften als die Hauptspitze.

„Ob alle Erhebungen im Gebiete rein vulkanischen Ursprunges sind, ist mir noch zweifelhaft geblieben. Die Eiszeiten, welche fast unsern ganzen Kontinent unter Schnee und Eis vergraben hatten, konnten doch unmöglich, wie Tschihatscheff behauptet, spurlos an dieser bedeutenden Erhebung vorbeigegangen sein. Agassiz führt die Entstehung selbst der jenseits der Ebene von Kaisarie gelegenen Hügelkette auf die glaziale Epoche zurück. Aber wenn man auch einer so weitgehenden Annahme nicht zustimmen kann, da die glaziale Periode in jenem Gebiete nicht von so bedeutender Wirkung gewesen sein kann, so wäre es doch nicht unmöglich, daß die dem Gipfel näherliegenden Erhebungen ihre Entstehung jener Zeit verdanken.

Die mächtigste Gletscherentwicklung wäre gegen Nordwesten und Südwesten gewesen. In ersterer Richtung findet man noch heute — vielleicht als kleinen Rest der frühern Vergletscherung — einen kleinen sekundären Gletscher. Gegen diese Annahme spricht jedoch das Fehlen von Gletscherschliffen und Rundhügeln. Tschihatscheff und noch mehr Hamilton meinen mehrere Gletscher — zumeist auf der Südseite — gesehen zu haben. Aus den kurzen Beschreibungen wird es jedoch nicht unzweifelhaft klar, ob es wirkliche Gletscher und nicht nur Schnee- und Firnfelder waren, wie es den übrigen Ausführungen nach ja scheint, daß der Berg zurzeit ihrer Besteigungen viel mehr verschneit war als im Juni 1902, und daher die Annahme wahrscheinlicher war, daß unter der gewaltigen Schneedecke ein Gletscher verborgen sein müsse. Wenn jedoch die von ihnen erwähnten Gletscher tatsächlich vorhanden gewesen waren, so läßt sich nur annehmen, daß dieselben bei der gegenwärtigen Tendenz des Schwindens aller Gletscher einfach verschwunden sind, zumal dieselben keineswegs groß und mächtig und auf der Südseite gelegen waren.

Von Erdbeben war das Gebiet wohl öfter heimgesucht, doch haben dieselben mit Ausnahme eingestürzter Häuser keine Spur hinterlassen.

Obgleich nur der gegen Osten geöffnete Krater als solcher gewiß angesprochen werden kann, ist es doch nicht ausgeschlossen, daß eine gegen Nordosten gerichtete breite Schlucht oder Mulde einst auch ein Krater gewesen sein mag, wie schon Hamilton bemerkt.“

Das kanadische Prairiegebiet schilderte auf Grund eigener Anschauung Prof. Dr. A. Oppel.[1]) Dasselbe nimmt ungefähr die Mitte des nordamerikanischen Kontinentes ein und unterscheidet sich von den begrenzenden andern Oberflächenstücken nicht nur durch teilweise tiefere Lage, sondern auch durch seine eigenartige Bodenbildung. Im Osten wird es von dem vorzugsweise aus ältesten und alten Gesteinsschichten bestehenden Plateau der großen Seen begrenzt, im Westen reicht es bis an den Fuß des Kordillerensystems, in dem ältere geologische Bestandteile mit jüngern abwechseln. „Nach welcher Richtung man auch das weite Prairiegebiet durchreisen mag, fast überall hat man den Eindruck, als bewege man sich durch eine ungeheuere ebene Fläche. In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall. Denn nach seiner Höhengliederung stellt sich das Prairiegebiet als eine doppelt geneigte, schiefe Ebene mit zahlreichen, sie überragenden Hügelreihen dar. Nach Norden zu fällt es ganz langsam in der Richtung auf die Hudsonbay ab. Nach Westen hin aber steigt es teils allmählich, teils stufenförmig bis zum

[1]) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1905. **28.** p. 221 ff.

Fuße der Felsengebirge an. Die Ränder der Stufen sind durch Hügelreihen bezeichnet, die mit gewissen Abständen in der Richtung von Süden nach Norden aufeinander folgen. Unschwer lassen sich drei solcher Stufen unterscheiden.

Der niedrigste Teil des Prairiegebietes oder seine unterste Stufe wird durch die Talebene des Red River und die nördlich davon gelegene Gruppe der Seen bezeichnet, von denen der Winnipeg, der Winnepegossis und der Manitoba die größten sind. Die geringste Meereshöhe, mit 216 *m*, hat der Spiegel des Winnipegsees. Dann folgen der Manitobasee mit 229 *m*, das Red Rivertal bei Winnipeg City mit 230 *m*, und der Spiegel des Winnepegossis mit 235 *m*. Etwas höher liegen der St. Martinssee mit 242 *m* und der Dauphinsee mit 262 *m*. Diese unterste Stufe des Prairiegebietes wird nach Westen hin durch eine Kette von Hügelgruppen begrenzt, die in nordwestlicher Richtung aufeinander folgen. Es sind die Riding-, Duck-, Porcupine Mountains und die Pasquiah hills. Die Riding-Mountains, im Südwesten des Dauphinsees gelegen, sind nach den Aufnahmen der Geological Survey 610 *m* hoch, die Duck Mountains, nördlich von den vorigen gelegen und von ihnen durch eine schmale Niederung getrennt, steigen, nach derselben Quelle, bis 790 *m* an. Nicht ganz so hoch, bis 760 *m*, sind die Porcupine Mountains, von den Duck Mountains durch die breite Talebene des Swan River getrennt. Die Pasquiah hills endlich erreichen nur 610 *m*.

Die zweite oder mittlere Stufe, welche sich teilweise an den Westfuß der genannten Anhöhen anschließt, hat eine mittlere Höhe von 450 *m* und eine westöstliche Ausdehnung von 440 *km*. Auch sie schließt in westlicher Richtung mit einer Kette von Hügelgruppen ab, welche der gleichen Richtung folgen, wie die vorher genannten. Es gehören dazu, in der Richtung von Süden nach Norden genannt, die Moose Mountains, die Weed hills, die Wolf hills, die Pleasant hills, die Beaver hills, die Touchwood hills, der Nut Mountain und die Greenwater hills, deren Höhen im einzelnen noch nicht bekannt sind. Auf sie folgt die dritte oder westliche Stufe, die sog. Grand Coteau, die sich mit ziemlich starker Neigung von 600 bis 1200 *m* zu den Fußhöhen der Felsengebirge emporhebt. Zu dieser Stufe gehören die Wood Mountains, die Cypress hills, bis 1460 *m* hoch, südlich der Hauptlinie der kanadischen Pacificbahn, die Hand hills 1090 *m*, die Knee hills und die Rocky buttes 945 *m*, die Milk river Ridge 1280 *m*, die Neutral hills 915 *m* u. m. In die lockern Massen der stark geneigten dritten Stufe haben sich die von den Felsengebirgen ostwärts abrinnenden Gewässer tiefe Rinnen eingegraben und dadurch eine reichere Geländebewegung hervorgebracht, als sie auf den beiden andern Stufen beobachtet wird.

Verschiedenartig wie d e Höhengliederung, ist auch die geologische Bildung des Prairiegebietes, wobei im allgemeinen das Alter der Schichten in der Richtung von Osten nach Westen abnimmt.

An der Ostgrenze finden sich noch recht alte Gesteine. Namentlich tritt hier das sog. Ordovician in sehr starker Entwicklung hervor. Ein breiter Streifen davon verläuft an den Südgrenzen von Kanada längs der Gebiete des Winnipeg-, Manitoba- und Winnepegossissees nach Norden und wendet sich dann nach Nordwesten. Zu mächtiger Entwicklung kommt namentlich die sog. Trentonformation mit einer Ablagerung von leicht zerreiblichen Sandsteinen, u. a. dem sog. „Winnipegsandstein". Überlagert wird dieser durch eine Kalksteinreihe von hell- bis dunkelgelber Färbung. Das Becken des Winnipegsees wurde längs der Auflagerungslinie der paläozoischen Kalksteinreihe auf dem Archakum ausgewaschen; daher besteht das Ostufer aus Laurentischen, der Boden dagegen und sein Westufer aus paläozoischen Gesteinen. Silur in Form hellgelber und hellgrauer Dolomite findet sich an den Cross Lake Stromschnellen, am untern Saskatchewan, östlich des Winnepegossissees und anderwärts. Devon zieht sich als ein breites Band längs des Manitoba- und Winnepegossissees hin, erleidet bei 53° nördl. Breite eine Unterbrechung, beginnt bei 54° erst schmal, dann geht es breiter werdend weiter und kommt bei dem Großen Sklaven- und Großen Bärensee zu gewaltiger Entwicklung, ihre größte Breite liegt bei 60° nördl. Breite. Im Süden besteht das Devon aus weißlichgelben Kalksteinen und Dolomiten. Während Karbon bislang nicht nachgewiesen ist, nimmt die Kreide einen sehr bedeutenden Raum ein.

Ein breiter Keil kretazeischer Ablagerungen (von 97 bis 115° nördl. Länge) zieht von der südl. Landesgrenze nach NW. bis 61° nörd. Breite und gliedert sich in einen südöstlichen und einen nordwestlichen Teil. Der südöstliche Teil zerfällt in vier Formationen: 1. Dakota F.: dunkle und hellbraune, leicht zerreibliche Sandsteine, z. B. am Red Deer und Rolling River. 2. Benton F.: dunkelblaue bis schwärzliche Schiefertone, z. B. bei Deloraine. 3. Niobara F.: dunkelgraue, bräunliche oder bläuliche Schiefertone, z. B. am Vermillionflusse. 4. a. Millwoodreihe: dunkelgraue oder braune, weiche und leicht zerfallende Schiefertone, und daneben Kalke mit zahllosen Radiolarien, z. B. im Duck- und Porcupinegebirge. b. Odanahreihe: hellgraue, feinspaltende Schiefertone, z. B. am Shoalsee-am Assiniboine.

Der nordwestliche Teil der Kreide zerfällt in fünf Formationen: 1. Dakota F : ausschließlich Sandsteine mit Resten einer sehr schönen Flora. 2. Niobara Benton F. (Colorado F.): meist Schiefertone und Sandsteine, oftmals reich an Fossilien, z. B. Peace River, am Loon River und am Athabaska. 3. Belly River Formation: Brack- und Süßwassergebilde mit Ligniten-, Koniferen- und Dikotyledonenresten. 4. Fort Pierre oder Montana F.: Schiefertone, besonders in Athabaska. 5. Laramie F.: Sandsteine, bisweilen Schiefertone, oft Kohle führend.

Die kretazeische und tertiäre Kohle von Kanada zeigt in den östlichen Revieren ihres Vorkommens den Charakter des Lignits, weiter nach Westen hin und bei Annäherung an die Ostabdachung der Felsengebirge wird sie bituminöser und anthrazitartig. Die oberkretazeischen Kohlenfelder werden ausgebeutet in Assiniboia, namentlich am Souris River. Das Hauptflöz ist 270 *cm* mächtig, und die Kohle wird auf einer eigenen Bahnlinie bis zur nächsten Station (Roche-Percée) der C. P. R. gebracht. Das Belly Riverfeld in Alberta liefert ebenfalls Lignit, teilweise auch Anthrazit. Die Mächtigkeit der manchmal stark verworfenen Flöze schwankt zwischen 1 und 5 *m*.

Zum Tertiär gehört die Laramie oder Tertiär-Lignit-Formation in Alberta, wird aber von manchen Geologen noch zu der Kreide gerechnet.

In der Diluvialzeit war das Präiriegebiet völlig vereist. Die daraus entstandenen Ablagerungen sind nach Dawson und Tyrell von unten nach oben: Quarzgerölle und andere Gerölle; unterer Geschiebemergel; interglaziale Ablagerungen mit Torfbildungen; oberer Geschiebemergel; geschichtete Sande; Gerölle und Kiese mit Moorbildungen. Für die Champlainperiode (die zweite der Quartärzeit) sind alte Seeuferlinien und Deltabildungen bezeichnend, so diejenigen des vormaligen Lake Agassiz, eines mächtigen Staubeckens, das einstmals die ganze unterste Stufe bedeckte.

Von diesen „Reliktenseen" bedeckt der Winnipeg eine Fläche von 24216 *qkm*, der Winnepegossis ist 5340, der Manitoba 4652, der Cedar 728, der Dauphin 512 *qkm* groß. Alle sind sehr flach und in beständiger Einschrumpfung begriffen, die ihrerseits durch die von den einmündenden Flüssen mitgeführten Sinkstoffe gefördert wird."

Dünen an der provenzalischen Steilküste beschrieb Dr. M. C. Engell.[1] Sie befinden sich an einer einzigen Stelle der Riviera bei Hyères. Dort liegt vor der Küste eine Reihe von Inseln: Giens, Porquerolles, Port Cros und Ile du Levant. Zwischen den Bergen befindet sich eine von den Flüssen verschüttete Alluvionbucht, und die von den Flüssen herbeigebrachten Materialien können sich im Schutze der Inseln niederschlagen. Die Tiefenkurven zeigen, daß das Meer zwischen den Inseln und dem Festlande viel niedriger ist als außen. Sand und Lehm bleiben hier also liegen, und dieser Detritus wird vom Wellenschlage modelliert, wie die Karte es zeigt. Mit östlichem Winde wird ferner der Sand gegen West, mit westlichem Winde gegen Ost geworfen. Auf diese Weise wird ein Doppelrücken zwischen dem Festlande und Giens, der unter den Inseln dem Festlande am nächsten liegt, gebildet. Die östlichen Winde,

[1]) Globus **87**. p. 149.

die häufiger als die westlichen sind, bewirken, unterstützt von der längs der Riviera von Ost nach West laufenden Küstenströmung, daß der östliche Verbindungsisthmus der kräftigste ist und am meisten den Charakter eines wahren Dünengebietes hat. Die Dünen sind jedoch nur niedrig (3 bis 4 *m*), wie überhaupt im Mittelmeergebiete. Flut und Ebbe fehlen — vom Adriatischen Meere abgesehen —, und die für Dünenbildung günstigen Winde haben nicht dieselbe Konstanz als an der Westküste Europas.

Der Triebsand der Dünen ist von K. Siecknick studiert worden.[1]) Der eigentliche Triebsand der Düne entsteht durch Aufsickern des Wassers im Sande, und zwar erst bei einer Geschwindigkeit des aufquellenden Wassers, welche hinreicht, die Sandkörner anzuheben. Diese Geschwindigkeit ist nur zu erreichen nach einer Auflockerung des gesetzten Sandes, und dieses ist nur unter Staudruck möglich. Letzterer kann und muß bei genügender Durchwässerung in der Düne eintreten. Triebsandstellen treten am häufigsten an die Oberfläche nach der Schneeschmelze wie nach anhaltendem Regen, dann an Stellen stärkster Wasserzusickerung im Boden der Nehrung. Als solche sind anzusehen die Säume der untern Abhänge an der untern Dünenabdachung, also der Westseite der Dünen, die untern Abhänge und die Sohle der Dünenlängs- und Quertäler. Die Tiefe der Triebsandstellen reicht bis zu der Schicht, von welcher aus die Aufsickerung beginnt, kann also unter das Meeresniveau sinken. An den bepflanzten Dünen treten keine Triebsandstellen mehr zutage, da die Pflanzenwurzeln den Boden durchdringen und auflockern; die Absickerung wird durch die Pflanzendecke eine verlangsamte und gleichmäßigere. Die Aushöhlung der sogenannten Triebsandmulde am Westfuße der Hauptdüne erfolgt wahrscheinlich in trockenen Zeiten durch Abwehen des obern trocken gewordenen Sandes bis zu den feuchten Schichten so, daß hier die Bodenoberfläche den Absickerungsbahnen verhältnismäßig am nächsten liegt; hieraus erklärt sich die Häufigkeit der Triebsandstellen in der Mulde. Daß aber der Sand hier fortdauernd beweglich bleibt und bei seiner Feuchte nicht etwa durch natürliche Pflanzenbesiedlung festgelegt wird, das bewirkt hier wieder die Triebsandbildung selber. Das quellende Wasser lockert den Fuß der Düne zum spätern Weiterschreiten mit dem wälzenden Winde, beide Mächte bändigt der Mensch durch seine erfolgreich vordringenden Pflanzungen.

Fossile Dünenformen im norddeutschen Flachland behandelte Dr. F. Solger auf dem 15. Deutschen Geographentage (in Danzig).[2]) Diese Inlanddünen des norddeutschen Flachlandes weichen erheblich

[1]) Schriften der physik.-ökonom. Ges. in Königsberg **45**.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1905. Nr. 7. p. 520.

von den Küstendünen ab. Schon am Südrande des Stettiner Haffes finden wir ihre charakteristischen Formen. Meist lassen sich die mannigfachen Gestalten auf einfache Bogenformen zurückführen. Die Außenseite des Bogens ist nach Osten gewandt. Daneben gibt es auch Strichdünen, die von Westen nach Osten verlaufen. Die Inlanddünen sind meist an die großen Stromtäler der Eiszeit gebunden; wir begegnen ihnen z. B. bei Eberswalde und Joachimstal. In großer Menge kommen sie zwischen Warthe und Netze vor, zwischen den Orten Birnbaum und Czarnikau, bei der Station Kreuz. Die Form der Dünen spricht dafür, daß zur Zeit ihrer Bildung die Ostwinde herrschend gewesen sein müssen, während jetzt in diesen Gegenden West- und Südwestwinde überwiegen. Als das diluviale Eis abschmolz, müssen an seinem Rande Ostwinde geherrscht haben. Sie erzeugten ein Steppenklima, das der Dünenbildung günstig war. Damals muß die steile Leeseite der Bogendünen im Westen gelegen haben, die Strichdünen hatten vermutlich gleiche Böschungen auf beiden Seiten. Die nach Verschwinden des Inlandeises einsetzenden Westwinde haben diese Profilverhältnisse umgekehrt. Heute haben die Bogendünen ihre Steilseite im Osten, die Strichdünen im Norden. Die spätern Winde haben im allgemeinen keine selbständigen Dünenformen im Inlande geschaffen, sondern nur an der Umwandlung der alten Dünen gearbeitet, ohne doch ihre Grundrißformen zerstören zu können. Den Namen „fossile Dünen" könne man diesen Dünen beilegen, weil ihre Entstehung hiernach auf die Zeit unmittelbar nach dem Aufhören der Eiszeit beschränkt gewesen sein muß.

Die Einwirkung der Silvesterflut 1904 auf die mecklenburgische Küste bildet den Gegenstand einer Studie von E. Geinitz.[1]) An jenem Tage machte die See einen erneuten schweren Angriff auf die deutschen Küsten. Dadurch, daß erst vor kurzer Zeit die Verhältnisse der mecklenburgischen Küste festgestellt worden waren,[2]) wurde es Prof. Geinitz möglich, für hier wenigstens teilweise schon jetzt zahlenmäßig die Verluste zu bestimmen und anderseits die Stellen, wo und wie das Land nicht angegriffen ist, sicher anzugeben.

Nach voraufgegangenen Südwest- und Nordweststürmen war der Sturm am 30. Dezember nach Nordost umgesprungen und hatte am 31. die See an den Küsten stark aufgestaut: in Lübeck war der höchste Stand 2,33 *m*, in Wismar 2,60 *m*, in Warnemünde 1,95 *m* über Normal Null verzeichnet.

Bald nach dem Hochwasser, in der Zeit vom 4. bis 26. Januar, beging Verf. mehrfach die Küstenstrecken von der Stoltera bei Warne-

[1]) Mitteil. a. d. Großherzogl. Mecklenburg. Geolog. Landesanst. Rostock 1905.
[2]) E. Geinitz, Der Landverlust der meckl. Küste: Mitteil. aus der Großherzogl. Mecklenburg. Geolog. Landesanstalt. **15.** Rostock 1903.

münde, der Rostocker Heide und am Fischlande, die andern Strecken konnte er vorerst noch nicht besuchen.

Als Erfolg der Angriffe der See auf die Küste ergab sich:

Überall, wo Düne den Strand begrenzt, kein direkter Landverlust, wenn auch starke Zerstörung der Düne selbst; Grenze von See und Land ziemlich die alte geblieben; bei dem Steilufer (Klint). dagegen zuweilen meßbarer Landverlust, Vordringen der See resp. des Strandes gegen das Binnenland.

Die Kalahari schildert Dr. S. Passarge in einem großen mit Unterstützung der Preuß. Akademie erschienenen Werke auf Grund eigener und fremder Forschungen: [1])

Das innere Becken der zentralen Hochfläche von Südafrika bildet kein einheitliches Gebiet, sondern setzt sich aus mehrern landschaftlich, topographisch, geologisch und wissenschaftlich recht verschiedenartigen Ländern zusammen. Dazu kommt, daß es zu ganz verschiedenen Flußsystemen gehört, und überdies große Gebiete wohl Flußbetten haben, aber doch nicht entwässert werden, weil sie heutzutage wasserlos sind. Passarge unterscheidet das innere Becken in zwei Zonen, nämlich in das Gebiet der örtlichen Verwitterungsprodukte und in das der sandigen Aufschüttung. Ersteres ist das bedeutend kleinere, und hierher gehören die Hochflächen der Kapkolonie, von Westgrikwaland, Transvaal und der größte Teil des Betschuanenlandes. In der Region der sandigen Aufschüttung tritt anstehendes Gestein gegenüber jungen, vorwiegend sandigen und kalkigen Ablagerungen ganz in den Hintergrund. Das Land ist zum größten Teile abflußlos, nur das Gebiet des obern Sambesi und in beschränktem Maße das des Okavango haben Abfluß zum Meere. Dieses gewaltige Gebiet der nordwestlichen Zone, in dem sandige Ablagerungen den größten Teil der Oberfläche einnehmen, und das eine gleichartige geologische Entwicklung gehabt haben dürfte, möchte Passarge unter dem Namen Kalahari zusammenfassen. „Ursprünglich," sagt er, „bedeutet der Name wahrscheinlich nur den Süden des Sandfeldes, und heutzutage noch beschränken Eingeborene und selbst Europäer den Namen auf den Süden. Anderseits hat aber schon Livingstone auch das Sandfeld zwischen dem Bamangwatolande und dem Kwando zur Kalahari gerechnet. Dagegen dürfte die Anwendung auf die Sandfelder des Sambesigebietes und des obern Okavango neu sein.

Nach den Erkundigungen von Franz Müller, dem besten Kenner der Kalahari, sind die Batauana und Bakalahari der Ansicht, daß der Name von einem ehemaligen Häuptling Kalahari herkommt, von dem auch das Volk der Bakalahari seinen Namen habe. Da auch andere

[1]) Passarge, Die Kalahari. Berlin 1904.

Betschuanenstämme nach ihren Führern benannt worden sind, z. B. die Batauana nach Tau, so hat die Erklärung der Bakalahari nichts Auffallendes. Demnach würde das Wort Kalahari das Land der Bakalahari bedeuten. Tatsächlich ist das südliche Sandfeld, also gerade die Kalahari im engern Sinne, das Hauptland dieses Volkes. Es ist aber auch möglich, daß der Name von dem Buschmannwort Karri herrührt. Dasselbe bezeichnet die Salzpfannen und Kalkpfannen des Sandfeldes, daher Makarrikarri = die Salzpfannen der östlichen Kalahari. Tatsächlich schreibt Burchell noch Karrikarri und Bakarrikarri. Schließlich ist auch behauptet worden, Karrikarri heiße: die Peinigende.

Trotz aller Verschiedenheit im äußersten Süden und Norden hat nun aber, wie bereits betont wurde, das weite, öde Sandfeld vom Kongobecken bis zum Oranje so viele übereinstimmende Merkmale und beide so weit entfernte Gegenden gehen so allmählich ineinander über, daß es unnatürlich wäre, dieses geographisch-geologisch einheitliche Gebiet auseinander zu reißen. Deshalb nennt Passarge das ganze Gebiet der sandigen Aufschüttung Kalahari.

Dieses ausgedehnte Gebiet zerlegt Passarge in drei Zonen:

1. Die südliche Kalahari, das zum Orangesysteme gehörige Sandfeld, das in Wirklichkeit abflußlos ist.

2. Die mittlere Kalahari südlich von 18° südl. Br. Sie umfaßt das Salzpfannenbecken, das Okovangobecken und das Ovamboland.

3. Die nördliche Kalahari. Sie liegt zwischen 18° südl. Br. und der Wasserscheide zwischen dem Okavango-Sambesi und dem Kwansa - Kongo.

Was die hydrographischen Verhältnisse der Kalahari anbelangt, so ist das Flußnetz hier wie fast immer einerseits durch die Niederschläge, anderseits durch die Oberflächenformen des Kontinents bedingt. Im allgemeinen nimmt der Regenfall von der Küste Südafrikas gegen das Innere hin ab. Nach den Zusammenstellungen von Karl Dove fällt der meiste Regen in Natal und Transvaal in der Zeit vom November bis März, in Klein-Namaland im Mai und Juni. Da Südafrika sich als gewaltiges Plateau mit gebirgigen, hohen Rändern darstellt, so verlieren die feuchten Seewinde beim Vordringen ins Innere und dem damit bedingten Aufsteigen auf die Höhen ihre Feuchtigkeit und gelangen als trockene Winde auf das hohe Binnenland. Doch fehlen im Innern des Kontinents und in der Kalahari zur Winterszeit Regenfälle keineswegs. Eine merkwürdige und von Passarge besonders hervorgehobene Tatsache ist die Abnahme des Wassers in Südafrika, selbst in historischer Zeit. Passarge stellt alle bezüglichen Daten zusammen und kommt zu dem Ergebnisse, „daß eine Fülle von Beobachtungen nicht nur auf eine Wasserabnahme in historischer Zeit hinweist, sondern daß Ablagerungen, Flußbetten, alte Seeböden auf ein wesentlich anderes Klima und einen sehr viel größern Wasserreichtum schließen lassen.

„Jedenfalls," sagt er, „werden obige Ausführungen genügen, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß sich in der Kalahari das Problem der Klimaänderung durchaus in den Vordergrund drängt und mit das Hauptinteresse beansprucht."

Auf die speziellen Schilderungen der geologischen Verhältnisse der einzelnen Regionen kann hier nicht näher eingegangen werden, wohl aber möge die von Passarge ausführlich dargestellte Bedeutung der Bodentiere der Kalahari für die Durchmischung des Sandes mit den Verwitterungsprodukten des Untergrundes hervorgehoben werden. Von diesen Tieren spielen die Säuger nur eine geringe Rolle, eine gewaltige dagegen die Insekten, und zwar hauptsächlich die Ameisen und Termiten. „Indem zersetztes und unzersetztes Material des Untergrundes teils durch Scharren und Graben, wie es die großen Tiere tun, teils durch mühsamen Transport der einzelnen Partikel durch Ameisen und Termiten herausgeholt und an die Oberfläche gebracht wird, zum größten Teile aber wohl unterwegs liegen bleibt, indem ferner die Gänge und Kammern fortwährend einstürzen und aufs neue gegraben werden, entsteht die Durchmischung des Sandes mit den Bestandteilen des Untergrundes. So erklärt es sich auch, warum der Decksand um so reicher an solchen Bestandteilen ist, je weniger mächtig er ist, und warum sie sich bei zunehmender Mächtigkeit ganz verlieren. Um zahlenmäßig ein Bild zu geben von der Intensität der Durchmischung des Sandes mit Material des Untergrundes bei bestimmter Tiefe des Sandes, in bestimmter Zeit fehlt es uns durchaus an Beobachtungsmaterial. Selbst wenn wir annähernd die Menge von Gesteinsbrocken und Verwitterungserde kennen würden, die jährlich pro Quadratmeter auf die Oberfläche gelangt, würde die Rechnung nicht stimmen, da uns für den zweiten wichtigen Faktor der Berechnung, nämlich die unterwegs liegen bleibende Menge von Material, jeder Maßstab fehlt. Wir müssen uns damit begnügen, festzustellen, daß der Decksand mit allen seinen Erscheinungen durch die Tätigkeit der Bodentiere sehr wohl erklärt werden kann. Eine primäre Durchmischung von Sand und Verwitterungsmaterial des Gesteines durch strudelnde Gewässer anzunehmen, ist deshalb durchaus unstatthaft, weil der Sand absolut ungeschichtet ist, und Schotter, Grande und alle sonstigen Anzeichen fließenden Wassers fehlen."

Die Sandhaut ist, wie Passarge mit Bestimmtheit behauptet, ausschließlich ein sekundäres Produkt der wühlenden Tiere. „Wind und Regen zerstören die aufgeworfenen Haufen, der Quarzsand wird durch Windsaigerung von dem leichten humosen, kieseligen und vielleicht auch tonigen Staube befreit und auf der Oberfläche ausgebreitet. So entsteht die ½ bis 2 *cm* dicke, aus ziemlich reinem Quarzsande bestehende Oberflächenhaut. Der Sand erfährt zu gleicher Zeit eine starke Ausgleichung, wie sie stets mit Austrocknen Hand in Hand gehen dürfte. Über die Schnelligkeit, mit der sich die Sandhaut

bildet, kann man sich nur annähernd ein zutreffendes Bild machen. Wir sahen, daß allein durch Termiten auf einer 100 *qm* großen Fläche 50 *l* Erde im Laufe eines Monates ausgeworfen worden waren. In einer einzigen Nacht waren ferner in Kuke auf einem Quadrate von 15 Schritt Seitenlänge 21 Kegel mit 10.5 *l* Erde entstanden. Ist eine solche intensive Tätigkeit auch nicht überall zu finden, so ist es doch sicher, daß streckenweise sehr bedeutende Mengen von Sand — d. h. von 1000 *ccm* pro Quadratmeter und mehr — im Jahre ausgeworfen werden. Ich glaube also eine mäßige Zahl zu wählen, wenn ich als jährliches durchschnittliches Quantum 100 *ccm* Sand pro Quadratmeter Oberfläche annehme.

Bei einer durchschnittlichen Stärke von 1 *cm* würde die Sandhaut pro Quadratmeter 10 000 *ccm* = 10 *l* Sand enthalten. Da nun aber Grasbüsche, Bäume, Sträucher im allgemeinen wohl die Hälfte des Bodens bedecken, darf man nur 5 *l* rechnen. Diese Menge würde bei einer jährlichen Produktion von 100 *ccm* Sand im Laufe von 50 Jahren geliefert werden, bei einer größern jährlichen Produktion in entsprechend kürzerer Zeit, also bei 1 *l* per Quadratmeter in nur fünf Jahren.

Vielleicht ist es von Interesse, sich von der Menge des in der Sandhaut enthaltenen Sandes ein Bild zu machen.

1 *qm* Oberfäche hat durchschnittlich eine Sandhaut von 5 *l* Inhalt, 1 *qkm* (1 000 000 *qm*) demnach 5 000 000 *l* = 5000 *cbm* Sand. Derselbe würde also einen Bahndamm von 2 *m* Höhe, 4 *m* Breite und 625 *m* Länge bilden.

Auf jedem Quadrate von 100 *km* Seitenlänge würde ein aus der Sandhaut gebildeter Bahndamm von gleichem Querschnitte (2: 4 *m*) eine Länge von 6250 *km* haben. Das ist eine Entfernung wie von Johannesburg nach Kairo. Aus der Sandhaut der gesamten Kalahari könnte man aber ca. 150 solcher Bahndämme aufschütten oder einen Damm, der mehr als 23 mal im Äquator (40 070 *km*) um die Erde laufen könnte! Und das alles ist von den Bodentieren gelieferter Sand, und zwar geliefert — ganz bescheiden gerechnet — in 50 Jahren, vielleicht aber auch in sehr viel kürzerer Zeit.

Sehr interessant ist die Frage, was aus der Sandhaut wird. Man kann wohl mit Sicherheit annehmen, daß sie allmählich in der Vegetationsschicht aufgeht. Wie geschieht dies aber?

Der Gedanke liegt nahe, daß die abfallenden Blätter, Grashalme, Zweige usw. sich mit der Sandhaut mengen, und diese so allmählich in die Vegetationsschicht einverleibt wird. Diese Vorstellung ist jedoch unhaltbar. Einmal werden die oberflächlich liegenden vegetabilischen Stoffe schnell zersetzt, fortgeblasen oder gefressen, so daß sie sich kaum mit dem Sande mengen können, vor allem aber sprechen die Beobachtungen gegen solche Auffassung. Niemals findet man eine mit vegetabilischen Substanzen gemischte Sandhaut, die nach unten in die Vegetationsschicht allmählich

übergeht, stets ist die Grenze zwischen beiden scharf, und der Sand rein.

Die Einverleibung der Sandhaut erfolgt vielmehr bei Erneuerung der Vegetation. Gräser und Büsche entwickeln sich auf den vegetationsfreien Sandstellen aus Samen oder Rhizomen neu und erfüllen in ihrem Bereiche die Sandhaut mit Wurzeln, während die oberirdischen Teile der alten Pflanzen zugrunde gehen. Junge Pflanzen ersetzen also fortwährend die alten, die, einmal abgestorben, überraschend schnell zerstört werden durch Tierfraß — besonders Termiten — und bakterielle und pilzliche Zersetzung.

Wie schnell sich Grasbüschel, Sträucher, Bäume erneuern, wissen wir nicht. Von diesem Prozesse hängt aber die Dauer der Sandhaut an jeder einzelnen Stelle ab.

Der Kalaharisand macht wohl den Eindruck eines festliegenden Sandes, allein so absolut stabil ist er doch nicht. An jedem Grasbüschel, jedem Strauche häuft sich die Sandhaut an, so daß diese gleichsam auf einer Anschwellung der Sandhaut stehen.

Wohl werden die Kalkpfannen, die Pfannensandsteinflächen nicht von Flugsand überschüttet, allein von den Rändern her dringt der Sand doch ins Innere vor, und auf der Leeseite jedes Steines, der auf den Pfannensandsteinflächen liegt, findet sich ein Häufchen Sand. Bei starkem Winde sieht man auch, wie der Sand über die Felsfläche gejagt wird. Dabei wetzt er sie ab, die harten Chalcedonknollen leisten Widerstand und werden als rundliche und zerfressene Höcker herausmodelliert.

Die Bewegung des Sandes ist natürlich ein Werk der Winde, allein nicht die Sandhaut wird verschoben, sondern der Sand der tierischen Haufen wird bei der Abtragung ein Stück weit in der Richtung des Windes geweht. Den Betrag dieser Verschiebung zu berechnen, fehlt es uns noch an Beobachtungsmaterial, doch habe ich den Eindruck gewonnen, daß sie nur sehr geringfügig ist. So möchte ich es schon für sehr fraglich halten, ob die Überschüttung der Grauwackenwelle im Chansefeld mit Kalaharisand dem soeben beschriebenen Prozesse zuzuschreiben ist. Ganz unwahrscheinlich erscheint es mir aber, daß derselbe das Andrängen des Sandes gegen die Berge des Ngamirumpfes, das Vorschieben der Sandzungen zwischen den Bergen bewirkt haben sollte.“

Eine merkwürdige Erscheinung bilden die sogenannten Kalkpfannen, runde Vertiefungen im Kalktuff und auf den Sandsteinflächen, in denen sich Wasser findet oder fand. Die Frage nach der Entstehung dieser kraterförmigen Bildungen ist naheliegend, aber schwierig zu beantworten. „Wenn wir uns in der Jetztzeit,“ sagt Passarge, „nach Kräften umsehen, welche die Hohlformen im Kalktuff und auf den Sandsteinflächen geschaffen haben könnten, so werden wir uns vergebens bemühen, irgend welche zu entdecken. Zwar gräbt der Mensch dem oberflächlich verschwindenden Wasser nach

und schafft Brunnenlöcher. Allein die Buschmänner graben nur enge Röhren, um das notwendige Trinkwasser zu gewinnen, und diese können unmöglich zur Bildung der Krater führen. Größere, für das Vieh geeignete Gruben sind erst von Kaffern und Buren angelegt worden, kommen also einmal überhaupt nicht in Betracht, weil erst seit wenigen Jahrzehnten bestehend, sodann wäre es aber auch nicht zu verstehen, wie sich ein solches Wasserloch ohne andere Kräfte zu einem Krater vergrößern könnte. Die Kräfte, welche die Kalktuffkrater geschaffen haben, fehlen heutzutage. Sie waren aber vor 50 bis 60 Jahren noch mit aller Energie tätig. Die gewaltigen Herden großer Säugetiere nämlich, die in frühern Zeiten allnächtlich, namentlich während der Trockenzeit, zur Tränke kamen, sind es gewesen, die die Kalktuffkrater und die leeren Sandsteinpfannen geschaffen haben.

Die alten Reisenden, welche als die ersten Pioniere in das Innere Südafrikas drangen, berichten einstimmig von dem enormen Reichtume jener Länder an großen Säugetieren. Zahllose Herden (nicht Individuen) von Antilopenarten, Elefanten, Rhinozerossen, Zebras belebten damals die Steppen Südafrikas, und zwar alle Teile dieses Kontinents. Aus der Karroo und der Kalahari, aus dem Damaraland, Betschuanaland und Transvaal, vom Zambesi und Kunene, überall lauten die Berichte gleichartig.“

Die Zuverlässigkeit seiner Behauptung zeigt Passarge im einzelnen, so daß man ihm beipflichten kann in der Behauptung, daß die zahllosen großen Säugetiere der frühern Zeit sehr wohl imstande gewesen sind, die Krater der Kalkpfannen zu schaffen, einmal durch Ausfuhr von mechanisch suspendiertem Kalkschlamme und von chemisch gelöstem Kalke mit dem Trinkwasser, sodann aber auch durch Zertreten und Zerstäuben getrockneten Schlammes und nachfolgende Abfuhr durch den Wind. Die Kraterbildung wird in großen Zügen folgenden von Passarge gezeichneten Verlauf genommen haben:

„Erste Phase. Die Kalahari war ein mit Wasser reichlich versorgtes Land mit Flüssen und Teichen, die periodisch zu- und abnahmen, ganz so, wie wir es zwischen dem 10. bis 16. Grade südl. Br. im Sambesigebiete heute noch finden. Enorme Massen von Wild bevölkerten das Land, verteilten sich wohl ziemlich gleichmäßig über dasselbe.

Zweite Phase. Die Niederschläge nahmen ab, die Flußbetten trockneten periodisch, dann dauernd aus, ebenso die Vleys im Sandfelde. Damit begann das Zusammendrängen der Tiere in den Gesteinsfeldern, die noch zahlreiche Wasserplätze enthielten, und zwar in Kalkpfannen mit Quellen. Erst in dieser Periode begann wirklich die Einwirkung der Tiere auf die Pfannen. Wahrscheinlich herrschte Schlammausfuhr vor. Sie wühlten den kalkreichen Pflanzenschlamm (Seekreide und gemischter Kalkschlamm) auf und entfernten ihn mit dem Wasser, ebenso den gelösten Kalk.

Dritte Phase. Im Laufe der nun folgenden Periode nahm die Zahl der Wasserplätze und ihr Wasservorrat ab, die Kalkausfuhr aber beständig zu. Denn das Wasser wurde reicher an gelöstem Kalke, die Zahl der Tiere schwoll an, die Schlammausfuhr wuchs. Viele der flachen Pfannen wurden ihrer Tuffdecke völlig beraubt. Gleichzeitig begann aber der Kalkschlamm durch Austrocknen zu erhärten. Infolgedessen traten die Kalkpfannen in

die vierte Phase, der alleinigen oder wenigstens überwiegenden Ausfuhr gelösten Kalkes. In diesem Stadium befinden sich viele Pfannen noch heute.

Die fünfte Phase. Der Abschluß der Entwicklung wird mit der völligen Zerstörung des Kalktuffes erreicht. Bei den Pfannensandstein- und Grauwackenflächen, die von hartem Sinterkalke umrandet sind, ist dieser Zustand eingetreten."

An den Stellen der Kalahari, wo sich Wasser findet, konzentriert sich zu gewissen Jahreszeiten die Tierwelt, Tausende der großen Säugetiere drängen sich hier zusammen, und auch der Mensch wird früher noch als viele Tiere zum Rückzuge auf die Wasserplätze gezwungen. Passarge unterscheidet die Wasserplätze ihrer Natur nach in folgende Kategorien:

1. Flußwasser. Die Flüsse mit dauernd und periodisch fließendem Wasser wurden bereits erwähnt, und daher sei hier nur auf jene Darstellung hingewiesen.

2. Regenwasser. Während der Regenzeit sammelt sich das Wasser an vielen Stellen an, bildet Teiche, ja selbst kleine Landseen — z. B. den Onambondé. Die Niederungen mit Vleysand, die Flußbetten, Brackpfannen, Salzpfannen, Felsflächen, Gesteinskessel, Pfannenkrater und vor allem die Sandpfannen bilden gelegentlich recht unbeständige Teiche. Die Regen fallen einmal nur strichweise, sind sehr unsicher, und das Wasser trocknet durch Verdunstung bei der trockenen Luft und Resorption im Sande sehr schnell ein.

So kann man denn niemals auch nur mit einiger Sicherheit auf Wasser rechnen, und selbst während der Regenzeit sind alle diese Wasseransammlungen bald vorhanden, bald fehlen sie. Daher erhält man denn von den Buschmännern auf die Frage nach Wasser stets die Antwort (vorausgesetzt, daß der Befragte ehrlich ist): „als ich vor so und so viel Tagen dort war, war Wasser vorhanden (oder nicht), wie es jetzt steht, weiß ich nicht."

Felslöcher mit Regenwasser von der Form der australischen „rock holes" beobachtete Passarge nie. Höchstens auf Felsflächen zwischen Schichtenköpfen bleibt Wasser stehen. In den Mosseyanbergen waren auf Felsflächen bis 1 Fuß lange, ovale und wohl kaum jemals fußtiefe Löcher vorhanden, die anscheinend durch Verwitterung entstanden und vielleicht rock holes im ersten Stadium der Entwicklung waren.

3. Grundwasser. Grundwasser in dem Sinne wie bei uns gibt

es in den trockenen Teilen der Kalahari nicht. Wohl beginnt der Sand bereits in geringer Tiefe feucht zu werden, allein man kann bis zum Grundgesteine hinabgehen, ohne irgend etwas anderes als schwachfeuchten Sand zu finden. Das zeigten die zahlreichen Schächte im Kwebegebiete, die Bohrlöcher in der Totingbucht, in der Massarinyani- und Fischvley, das Brunnenloch im Bette der Groot Laagte. Wilkinson machte dieselbe Erfahrung im Bette des Molopo. Oft beobachtet sind die Fälle, in denen unter feuchtem Sande völlig trockener lag, durch eine schwer durchlässige, vielleicht nur sehr dünne Schicht getrennt.

Die Niederschläge in der südlichen und mittlern Kalahari genügen nicht, um eine Grundwasserschicht zu bilden. Das Regenwasser wird von dem Sande absorbiert und verdunstet zum größten Teile während der langen Trockenzeit. Auch die dichte Vegetation dieser Steppe verbraucht sicherlich einen großen Teil der Bodenfeuchtigkeit. Bedeckt sich doch ein großer Teil der Vegetation bereits während der heißesten und trockensten Monate mit frischgrünem Laube und Blüten. Manche Bäume, wie der Kameldorn, beginnen am Ngami bereits im August zu grünen und zu blühen. Nur da, wo sich das Regenwasser auf relativ undurchlässigem Untergrunde ansammeln kann, bleibt es bestehen, und dort findet man auch Quellen und Brunnen.

So ist es in den mittlern und südlichen Sandfeldern. In der nördlichen Kalahari ist dagegen infolge sehr viel stärkerer Niederschläge der Wasservorrat ein sehr großer. Die Flußbetten sind selbst während der Trockenzeit sumpfig, die überschwemmten Ebenen enthalten auch am Ende der Trockenzeit noch in geringer Tiefe Wasser, Sandpfannen mit dauerndem Teiche sind keine Seltenheit und ebenso wasserhaltige Moore und Moraste mit schwarzem, zum Teile eisenschüssigem Pflanzenschlamme und Humus.

Grundwasser ist auch in dem Alluvialgebiete des Okavangobeckens (z. B. in dem trockengelegten Tauchegebiete und Ngamisee) vorhanden, ebenso im Makarrikarribecken und stammt natürlich von versunkenem Flußwasser ab. Man sieht jedenfalls daraus, daß es lediglich an genügenden Niederschlägen fehlt, und an und für sich Grundwasser auch im Sandfelde möglich wäre.

Artesische Brunnen anzulegen, wäre in der mittlern Kalahari ein vergebliches Unternehmen. Die steil aufgerichteten und zertrümmerten Schichten des Grundgesteines lassen fortlaufende Wasserschichten, wie sie in der Sahara existieren, nicht entstehen.

Anders sollen die Verhältnisse nach Penning in der südlichen Kalahari sein, wo die Schichten flach nach Westen einfallen und ungestörte Lagerung haben. Indes könnten doch nur direkte Bohrungen die Richtigkeit dieser Anschauung bestätigen.

4. Quellwasser. Nur lokal, an geeigneten Stellen kommt es zur Ansammlung und zum Austritte von Quellwasser.

Spaltquellen brechen aus Klüften der Gesteine hervor, und ihr Wasser stammt von Regenwasser, das auf Spalten zirkuliert. Die meisten sind freilich bereits versiegt. Zu den Spaltquellen gehören auch die von Kwebe, die sich deshalb bis jetzt gehalten, zum Teile wenigstens, weil die Klüfte, auf denen das Wasser zirkuliert, mit wasserhaltendem Kalktuff erfüllt sind.

Die Kalkpfannen sind lokale Becken im Grundgesteine, in denen das Regenwasser stehen bleibt und innerhalb des Pfannensandsteines und vor allem des Kalktuffes vor der Verdunstung geschützt wird. In die Kalktuffkrater und die Brunnenlöcher tritt es als Quellwasser ein. Ursprünglich wohl brackig, ist es durch Auslaugung der Salze süß geworden.

Ähnlich ist der Bau der Brackpfannen, nur ist die Schüsselform des Grundgesteines nicht zu beobachten, vielleicht auch nicht vorhanden, aber der Kalktuff hält das Wasser, das freilich recht salzreich und oft als Trinkwasser unbenutzbar ist.

Sandpfannen mit Quellwasser finden sich in den nördlichen Teilen der mittlern und in der nördlichen Kalahari. Welcher Art der Bau der Pfannen in der nördlichen Kalahari ist, ist nicht bekannt. Jedenfalls gehören recht beträchtliche Regen dazu, damit solche Sandpfannen das ganze Jahr hindurch durch Quellwasser gespeist werden können.

Die Sandbrunnen sind die für die Kalahari charakteristischsten und seltsamsten Gebilde. Man versteht unter ihnen Stellen mit feuchtem Sande, in denen der Wassergehalt nicht genügt, um freies Wasser in Brunnenlöcher austreten zu lassen. Die Buschmänner saugen nun das Wasser mit Rohren auf.

Diese Sandbrunnen sind geologisch keineswegs einheitliche Gebilde. Zum Teile sind sie mit Sand bedeckte Spaltquellen, die den Sand durchfeuchten.

Die typischen Sandbrunnen sollen in der südlichen Kalahari sehr verbreitet sein. Nach der Darstellung Mr. Priests liegen sie in rundlichen Vertiefungen oder Flußbetten, die mit trockenem Sande erfüllt sind. Allein unter dem 1 bis 2 *m* mächtigen trockenen Sande liegt feuchter, aus dem das Wasser ausgesogen wird. Eine Tonschicht, die er aber selbst nie gesehen hat, soll unten liegen und trockener Sand folgen. Dagegen hat Müller dieses Verhältnis selbst beobachtet, und Wilkinson beschreibt die dünne Tonschicht in einem Sandbrunnen des Molopogebietes.

Auf diesem Baue beruht die oft beobachtete Erscheinung, daß bei zu tiefem Graben der Brunnen zerstört wird.

Es wäre sehr interessant, einmal genaue Untersuchungen über diese Sandbrunnen und vor allem den Charakter der „Tonschicht" anzustellen. Derartige, vielleicht aus tonigem, humosem Schlamme bestehende, sehr dünne Lagen (denn dünn und leicht zu übersehen sollen sie sein) können doch nur in Becken mit stehendem, vielleicht

periodisch austrocknendem Wasser sich bilden. Dann müssen während der Ablagerung der Sande Pausen eingetreten sein, in denen der Sand trocken lag und sich in Niederungen solcher tonig-humoser Schlamm absetzen konnte. Man könnte also eventuell aus dem Vorhandensein solcher Sandbrunnen mit Tonlagen als Boden auf periodische Unterbrechungen der Sandablagerung infolge von Abnahme der Niederschläge (Interpluvialzeiten) schließen. Für derartige Schwankungen, wie sie während der Kalkperiode nachweisbar sind, sprechen ja auch andere Anzeichen, und daher könnte das Studium der Sandbrunnen von allgemeinem Interesse sein.“

Nach Ansicht von Dr. Passarge lassen die hydrographischen Verhältnisse der Kalahari als fundamentales Gesetz erkennen, daß die Niederschläge in dem ganzen Gebiete von NNO nach SSW abnahmen und seit einer langen Periode in fortschreitendem Rückgange begriffen sind. Als Beweise für dieses Gesetz führt er summarisch folgende Erscheinungen an:

1. „Alle Flußbetten sind versiegt, die nicht im äußersten Norden auf der Wasserscheide gegen Kwansa und Kongo entspringen.

2. Flußbetten mit jährlichem periodischen Wasser finden sich sehr zahlreich im nördlichen Sandfelde. Nach Süden hin führen nur die größten Flußbetten, und auch diese nur ganz unregelmäßig, ausnahmsweise, oft lokal und meist für sehr kurze Zeit Wasser.

3. Die Zahl der Flußbetten ist im nördlichen Gebiete am größten. Nach Süden hin verschwinden sie, nur die größten sind noch gut erhalten, während die kleinern um so rudimentärer und undeutlicher werden, je mehr man nach Süden kommt.

4. In den nördlichen Gebieten weist die Lage vieler Flüsse auf eine ehemalige reichliche Anastomosenbildung und spätern Rückgang der Wassermassen hin.

5. Das Sumpfland des Okavangobeckens ist in schnellem Rückgange begriffen und geht nach SW in das Sandfeld über, während die charakteristischen Oberflächenformen undeutlich werden.

6. Die nördlichen Gebiete haben in großer Zahl Sandpfannen mit dauerndem Wasser, die südlichen nur Regenwasservleys.

7. Den nördlichen Gebieten fehlen dafür die für die trockenen Teile der Kalahari charakteristischen Brack- und Kalkpfannen“.

Erdmagnetismus.

Die zu Greenwich von 1882 bis 1903 aufgezeichneten magnetischen Störungen sind von E. Walter Maunder untersucht worden,[1]) wobei vorzugsweise deren Beziehungen zu den Sonnenflecken ins

[1]) Monthly Notices **65**. p. 2.

Auge gefaßt sind. Die Ergebnisse, zu denen er gelangt, faßt er in folgende Sätze zusammen:[1])

1. Der Ursprung unserer magnetischen Störungen liegt in der Sonne, nicht in irgend einem Körper, der auf beide Einfluß hat. Dies wird klar aus der Art, in welcher diese Störungen die Rotationsperiode der Sonne markieren, nicht die wirkliche siderische Periode, sondern die synodische Periode, die Periode, wie sie uns erscheint.

2. Die Sonnengebiete, welche unsere magnetischen Störungen entstehen lassen, sind bestimmte und beschränkte Gebiete, wie die Bestimmtheit, mit der gewisse Längen angezeigt werden, beweist. Unsere magnetischen Stürme werden nicht veranlaßt von einer allgemeinen Tätigkeit oder einem Einflusse, der über die ganze Sonnenoberfläche verbreitet ist.

3. Die Gegend der Sonne, in welcher diese magnetisch wirksamen Gebiete gelegen sind, rotiert mit der Geschwindigkeit der hauptsächlich Flecke tragenden Zonen, nämlich der in den nördlichen und südlichen Breiten von 0 bis 30°.

4. Wie früher gezeigt worden, stehen die größten magnetischen Stürme in offenbarem Zusammenhange mit großen Sonnenflecken; die Beispiele von Synchronismus zwischen einzelnen Stürmen und einzelnen Flecken sind zu zahlreich und genau, um zufällig zu sein.

5. Diese aktiven Gebiete auf der Sonne können, wie es scheint, magnetisch aktiv sein vor der sichtbaren Bildung einer Fleckengruppe; sie können auch offenbar fortfahren, magnetisch aktiv zu sein, nachdem die Fleckengruppe verschwunden ist. Es würde somit scheinen, daß die Fleckenbildung eine wichtige Phase in der Tätigkeit dieser Gebiete ist, daß aber andere Phasen dieser Tätigkeit sowohl der Fleckenbildung vorausgehen, als folgen können, gerade so wie die Fackeln den Flecken vorangehen und folgen.

6. Der von der Sonne ausgehende Einfluß, welches auch sein Charakter sein mag, wirkt nicht gleichmäßig nach allen Richtungen. Er strahlt nicht wie Licht oder Wärme, sondern seine Wirkung ist auf eine bestimmte sehr enge Richtung beschränkt. Dies scheint aus einer Betrachtung der charakteristischen „plötzlichen“ (sharp) Bewegung, mit der viele magnetische Störungen und alle heftigern unter ihnen beginnen. Man könnte diese plötzliche und augenblickliche Wirkung, augenblicklich für die ganze Erde, als den Anprall einer Energiewelle erklären, die nach allen Richtungen von der Sonne als Zentrum ausstrahlt, wenn diese Stürme keine Beziehung zueinander hätten. Es ist aber nicht möglich, in dieser Weise eine solche Wirkung zu erklären, wenn sie von andern genau im Intervalle

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1905. Nr. 7.

einer oder mehrerer synodischen Rotationsperioden der Sonne gefolgt wird. Eine solche Beziehung kann nur erklärt werden durch die Annahme, daß die Erde von Zeit zu Zeit einer bestimmten Strömung begegnet, einer Strömung, welche, beständig von einem und demselben Gebiete der Sonnenoberfläche gespeist, uns im Abstande der Erde mit derselben Geschwindigkeit rotierend erscheint wie das Gebiet, aus dem sie sich erhebt.

7. Der durchschnittliche Durchmesser dieser Ströme kann geschätzt werden aus der Aufzeichnung der Zeit, welche durchschnittlich ein magnetischer Sturm anhält, nämlich 30 Stunden, in welcher Zeit die Länge des Zentrums der Sonnenscheibe sich uns um 16.5° zu verändern scheint. Dies würde für diese Stromlinien einen durchschnittlichen Durchmesser von 20° ergeben, vorausgesetzt, daß sie kreisförmigen Querschnitt haben. Eine durchschnittliche Stromlinie wird somit etwa $^1/_{130}$ der ganzen Kugel anstatt der gesamten einnehmen, wie letzteres eine magnetische Welle von der Sonne sein müßte, wenn sie sich gleichmäßig nach allen Richtungen verbreiten würde.

8. Es folgt hieraus, daß, wenn die Sonnenflecke der wirkliche Sitz der Energie wären, welche unsere erdmagnetischen Störungen entstehen läßt, alsdann der Mehrzahl derselben unmöglich sein würde, uns zu beeinflussen. Ein ähnlicher Schluß ergibt sich aus der Vergleichung der Anzahl der magnetischen Störungen und der Fleckengruppen; denn während die Tabelle nur 276 Störungen enthält, gibt die Greenwicher Aufzeichnung der Sonnenflecke für dieselbe Periode mehr als 4500 Fleckengruppen, von denen mehr als 600 als beträchtlich bezeichnet werden müssen, da der am wenigsten bedeutende mindestens acht Tage hintereinander sichtbar gewesen und eine mittlere Fläche von 200 Milliontel der sichtbaren Halbkugel der Sonne bedeckte.

9. Es folgt aus dem fünften und achten Satze, daß, obwohl Sonnenflecke und magnetische Störungen innig miteinander verknüpft sind, große Sonnenflecke oft beobachtet werden, wenn keine Störungen wahrgenommen werden, während zuweilen Störungen wahrgenommen werden, wenn keine Flecke sichtbar sind, mit denen sie verknüpft werden können. Das bekannte und oft wiederholte Phänomen „intermittierender Fleckentätigkeit“ läßt vermuten, daß in diesem Falle die fleckenbildenden Kräfte möglicherweise noch unter der Photosphäre tätig sind.

10. Die Tabelle, in welcher für die mit den Stürmen in Zusammenhange stehenden Fleckengruppen die kleinsten Abstände ihrer Mitten vom Zentrum der Sonnenscheiben angegeben sind, läßt vermuten, daß die Stromlinien, die von der Sonne ausgehen und die magnetischen Störungen entstehen lassen, nicht notwendig stets völlig radiale Richtung haben.“

Über die Ursachen der täglichen und jährlichen Variationen der erdmagnetischen Elemente verbreitet sich Dr. H. Fritsche.[1]) Nach seiner Meinung dürften dabei die Veränderungen der Temperatur der Erdoberfläche und der Atmosphäre die wichtigste Rolle spielen. Geringern Einfluß als die Temperatur haben wahrscheinlich die Elektrizität der Luft, ihr Sauerstoff, welcher paramagnetisch ist, Beschaffenheit des nächstliegenden Bodens usw. Die direkte magnetische Kraft der Sonne scheint auf der Erde nahezu Null zu sein.

An der Hand einer überschlägigen Berechnung zeigt Fritsche nämlich, daß die direkte, magnetische Kraft der Sonne auf der Erde sehr gering ist. „Man hat," sagt er, „schon vielfache, vergebliche Versuche gemacht, eine direkte Wirkung der Sonne als Magnet nachzuweisen. So z. B. glaubte Sabine, aus der täglichen Periode der Deklination einen Beweis dafür gefunden zu haben, obgleich gerade der Gang der Deklinationsnadel während der Tageszeit dagegen spricht, indem nach den von Fritsche mitgeteilten Tafeln der Nordpol der Nadel auf der nördlichen Hemisphäre von morgens bis nachmittags sich von Ost nach West und auf der südlichen von West nach Ost bewegt, was nicht stattfinden könnte, wenn die Sonne als Magnet wirkte, da sie dann gleichgerichtete Bewegungen auf beiden Hemisphären veranlassen müßte. Sabine verglich die beobachteten Deklinationen von vier Orten, — Toronto, Hobarton, St. Helena und Kap der guten Hoffnung — um ca. 7.5^h abends zur Zeit des Winter- und Sommersolstitiums miteinander und fand, daß die Differenzen beider Jahreszeiten um konstant 5 Sek. für die genannten Orte voneinander abwichen. Daraus schloß er irrtümlicherweise, daß dies eine kosmische Ursache haben müsse, und schrieb es der magnetischen Sonne zu, weil die vier Orte ganz verschiedene Jahreszeiten hätten.

Die Deklinationsnadel hat am 1. Juli 8^h abends überall auf der Erde einen östlichern Stand als am 1. Januar 8^h abends. Hieraus schloß Sabine auf eine jährliche Periode in der täglichen und glaubte, daß dies eine Wirkung der magnetischen Sonne sei.

Es ergibt sich aber nach Fritsche, daß die Differenzen keineswegs konstant vom Orte unabhängig sind, wie es eine direkte Wirkung der Sonne als Magnet verlangt, und daß die Konstanz der Vorzeichen daher kommt, daß die Jahreszeiten sowohl als die Bewegungsrichtung des Nordpoles der Nadel zwischen 8^{ha} und Mittag auf beiden Hemisphären umgekehrt und die Amplituden der Nadel in der warmen Jahreszeit größer als in der kalten sind.

Was die Verteilung der magnetischen Kraft auf der Erdober-

---

[1]) Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente. Publikation VI. Riga 1905.

fläche anbelangt, so berechnet Fritsche aus 120 von ihm tabulierten Werten der totalen Intensität des Erdmagnetismus J, diese für die nördliche Hemisphäre zu 4.92, für die südliche zu 4.98 also fast dasselbe, obgleich auf ersterer $2^5/_7$ mal soviel Land als auf letzterer aus dem Meere hervorragt. Da sich, sagt er, der Hauptsitz der magnetischen Agenzien innerhalb der Erdoberfläche befindet, so wird die Temperatur des Erdbodens mit ihren örtlichen und zeitlichen Veränderungen den Erdmagnetismus beeinflussen, weil ein Magnet von niedriger Temperatur stärker ist als ein solcher von höherer. Die Temperatur des Erdbodens aber steht bei den Kontinenten im engen Zusammenhange mit der der über ihnen lagernden Luft und bei den Weltmeeren mit der kalten Wasserschicht, welche ihren Boden bedeckt. Obschon also auf dem Meere die Erdrinde vom Beobachter etwas weiter entfernt ist, als auf dem Kontinente, so folgt daraus doch nicht, daß die gemessene magnetische Kraft auf dem Meere geringer sein müsse als auf dem Kontinente, da das kalte Bodenwasser die Kraft der Erdrinde erhöht.

Teilt man ferner die Erdoberfläche durch den Meridian von Greenwich in zwei gleiche Teile, so erhält man für die östliche Hemisphäre, welche ca. $2\frac{1}{2}$ mal soviel Festland als die westliche aufweist, im Mittel $J = 5.00$ und für die westliche Hemisphäre $J = 4.96$. Es scheint also, daß die Verteilung von Land und Wasser keinen merklichen Einfluß auf den Erdmagnetismus ausübt, weder in der Richtung der Meridiane, noch der Parallelen.

Wenn man aber die Erdoberfläche in zwei gleiche Hälften zerlegt durch den Meridian 100° östl. v. Gr., in eine östlich davon gelegene, welche Ostasien, Australien, den größten Teil der Südsee und Nordamerikas umfaßt, und in eine westlich vom Meridiane 100° liegende Hälfte mit Westasien, Afrika, Europa, Atlantischem Ozeane, Südamerika und Nordostamerika, so schließt die östliche Hemisphäre beide magnetische Erdpole ein, und ihre Werte von J sind unter allen Breiten größer als die entsprechenden der westlichen Hälfte, insbesondere sind die Intensitäten der östlichen Hemisphäre in höhern südlichen Breiten bedeutend größer als in höhern nördlichen, was darauf hinzudeuten scheint, daß der Erdboden, welcher in der Umgegend des Südpoles teilweise aus eisbedeckten Hochplateaus besteht, dort sehr kalt ist, im Jahresmittel kälter als am Nordpole. Die Lufttemperatur der östlich vom Meridiane 100° (v. Gr.) gelegenen Hemisphäre ist im Jahresmittel ca. 1° niedriger als die der westlichen; außerdem enthält die westliche Hemisphäre nahe doppelt soviel Festland als die östliche.

Erdbeben.

Die Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen in Baden. Der badische Landesgeologe Dr. Hans Thürach verbreitet sich hierüber:[1]) Der südliche und der nördliche Schwarzwald bilden in Baden zwei Erdbebengebiete. Ein großes Erdbebengebiet anderer Art ist das Rheintal von der Schweiz bis zum Taunus. Es ist das gegenüber den emporgetriebenen Randgebirgen ein ausgedehntes, gleichfalls in der Tertiärzeit entstandenes Senkungsfeld. Noch in der Diluvialzeit haben bedeutende Absenkungen stattgefunden, bei Mannheim und Worms im Betrage von 150 bis 200 *m*. Die ungleichmäßigen Bewegungen der Erdrinde, welche sich als Erdbeben äußern, finden hier hauptsächlich auf den die Rheintalfläche zu beiden Seiten begrenzenden Zonen von Verwerfungsspalten statt, auf der linken Rheinseite von Thann und Belfort über Zabern, Weißenburg und Neustadt bis Grünstadt in der Pfalz, auf der rechten Rheinseite von Basel über Freiburg, Lahr, Oos und Baden, Durlach, Bruchsal, Heidelberg und Darmstadt bis Frankfurt a. M. Besonders scheint auch eine durch die Mitte des Rheintales, ungefähr entlang dem heutigen Rheinlaufe von Breisach über Kehl-Straßburg, Lauterburg, Wörth, Speyer, Mannheim und Worms nach Mainz ziehende Spalte Einfluß auf die Erdbebenbildung zu haben, da gerade diese Orte häufig von Erdbeben heimgesucht worden sind. Doch erstrecken sich die Erdbeben selten durch das ganze Rheintal. Meist zeigen sie sich da, wo sich die Rheintalspalten mit Spalten und Senkungsfeldern kreuzen, die in Südwest-Nordost-Richtung verlaufen und in ihrer Entstehung häufig bis in die Steinkohlenzeit zurückreichen. Man kann dadurch mehrere Erdbebengebiete unterscheiden. Besonders ist Basel häufig von starken Erdbeben heimgesucht worden, und die Erdbeben haben sich von da zuweilen über Schaffhausen, den Hegau und dann die Donautallinie entlang bis Wien erstreckt. Basel und Wien hatten schon einige Male gleichzeitig starke Erdbeben. Ein anderes Erdbebengebiet liegt zwischen Belfort, Mülhausen und Freiburg. Schwächere befinden sich zwischen Zabern, Hagenau, Lauterburg, Karlsruhe und Bruchsal, dann zwischen Landau, Neustadt, Speyer, Mannheim, Heidelberg und Schriesheim, während die Gegend von Mainz, Wiesbaden, Großgerau und Frankfurt wieder häufiger und stärker von Erdbeben heimgesucht worden ist.

Eine eigentümliche, dem bayerischen Pfahl in der Gegend von Amberg, Cham und Freyung im Bayerischen Walde, sowie dem Thüringerwalde und Frankenwalde annähernd parallel verlaufende Erdebenlinie erstreckt sich in Westnordwest - Ostsüdost - Richtung aus der Gegend von Saarbrücken und Kusel über Langenkandel,

---

[1]) Erdbebenwarte. 1905. 4. p. 188.

Karlsruhe, Pforzheim, Stuttgart, Ulm, Augsburg und München bis nach Österreich hinein. Wo sich an den genannten Orten diese Linie mit Spaltensystemen in Südwest-Nordost-Richtung kreuzt, sind schon häufig und gleichzeitig Erdbeben aufgetreten.

Nun entspricht in geotektonischer Hinsicht das sächsische Erzgebirge dem nördlichen Schwarzwalde, die südwestlich streichenden Spaltensysteme des sächsischen Vogtlandes (Plauen, Hof) verweisen auf diejenigen im Untergrunde des Kraichgaues, bei Karlsruhe, Langenkandel und Weißenburg. Diejenigen im Süden des Erzgebirges und Fichtelgebirges (Karlsbad, Eger, Redwitz) stehen mit solchen im mittlern Schwarzwalde, bei Freiburg und in der Senke von Mülhausen und Belfort im Zusammenhange. In der Durchkreuzung der Gebirgslinien des Thüringerwaldes mit dem Erzgebirge im östlichen Teile des Fichtelgebirges liegt ein ausgedehntes Erdbebengebiet. Und als vor zwei Jahren dort wiederholt Erdbeben stattfanden, sind solche auch in dem entsprechenden Gebiete von Langenkandel-Karlsruhe aufgetreten, während die dazwischenliegenden weiten Gebiete der fränkischen Schichtentafel bis auf einzelne Spalten (Kulmbach) völlig ruhig bleiben. Es ist also zwischen den Erdbeben im sächsischen Vogtlande und im Fichtelgebirge und denen bei Karlsruhe ein gewisser Zusammenhang vorhanden.

Auch starke vulkanische Ausbrüche haben zuweilen in weit entfernten Gegenden ein Aufflammen der vulkanischen Tätigkeit zur Folge. So haben vor einigen Jahren bei den gewaltigen Eruptionen in Westindien eine große Zahl von Vulkanen bis nach Hochindien hinein ihre Tätigkeit wieder begonnen. Und Spuren davon haben sich anscheinend auch in Baden gezeigt. Als es nämlich nach den großen Ausbrüchen in Westindien im Mai 1903 bei uns empfindlich kalt wurde, ist es in den Tälern des Kaiserstuhles, dem gewaltigsten, jedoch als erloschen geltenden Vulkane Badens, auffallend warm geblieben. Eine Erklärung dafür bietet die Annahme, daß die vulkanischen Ausbruchsröhren im Kaiserstuhle noch weit herauf, vielleicht bis ein paar Hundert Meter unter der Oberfäche, offen sind, und daß auf diesen Ausbruchsröhren und auf Spalten gleichzeitig mit den amerikanischen Eruptionen heiße Dämpfe aufgestiegen sind, welche den Untergrund bis zur Oberfläche über die normale Erdtemperatur erwärmten. (?) Sollten sich wieder starke Vulkanausbrüche ereignen, so könnte sich diese Erscheinung im Kaiserstuhle wiederholen. Es würde dann von hohem wissenschaftlichen und vielleicht auch praktischen Interesse sein, in einigen 20 bis 50 *m* tiefen Bohrlöchern im westlichen Teile dieses Gebirges, wo vermutlich die letzten Eruptionen stattfanden, Temperaturmessungen vorzunehmen. Die letzten vulkanischen Ausbrüche am Kaiserstuhle datieren vor der mittlern Diluvialzeit. Ob der Vulkan aber deshalb bis in große Tiefen hinab völlig erkaltet, bzw. erloschen ist, er-

scheint zweifelhaft. Doch sind neue Ausbrüche am Kaiserstuhle nicht wahrscheinlich.

Das Erdbeben vom 23. Oktober 1904 in Norwegen ist von K. F. Kolderup in zwei Abhandlungen untersucht worden.[1] Es ergibt sich daraus, daß jenes Erdbeben nicht nur das stärkste, sondern auch das am weitesten verbreitete Erdbeben ist, das in geschichtlicher Zeit Norwegen erschüttert hat. Das Material, das als Grundlage für diese Abhandlung diente, ist auch das umfangreichste, das je in Norwegen gesammelt worden ist.

Das Erdbeben wurde beinahe über das ganze südliche Norwegen bemerkt, eine schmale Zone an der West- und Nordwestküste blieb jedoch unberührt. Die Nordgrenze liegt am Namsos. In Schweden wurde das Erdbeben von Skaane im Süden bis nach Sollefteaa im Norden bemerkt. In Dänemark scheint das Erdbeben nur im nördlichen und östlichen Jütland und auf mehrern der dänischen Inseln (z. B. Seeland und Fünen) beobachtet worden zu sein. Auch an der Süd- und Ostküste der Ostsee hat man die Erschütterung gefühlt, so z. B. in mehrern Orten in Pommern und Preußen und auch in Kurland, Livland und Estland, sowie in der Umgegend von Helsingfors. Die größte Länge dieses Gebietes zwischen Stettin im Süden und Namsos im Norden beträgt ungefähr 1100 *km* und die größte Breite zwischen der norwegischen Küste im Westen und Helsingfors im Osten ungefähr 1000 *km*. Das ganze Areal erstreckt sich über ungefähr 800 000 *qkm*.

Es war dies das makroseismische Gebiet. Das Erdbeben wurde indessen an vielen Erdbebenstationen außerhalb dieses Gebietes registriert, so in Edinburgh, Hamburg, Göttingen, Straßburg, Florenz, Padua, Pavia, Rocca di Papa, Ischia, Laibach, Leipzig, Potsdam, Dorpat und St. Petersburg. Dagegen wurde es an der Station über der Insel Wight nicht registriert.

Das Studium der norwegischen Zeitangaben, von denen leider nur wenige genau sind, ergab das folgendeResultat: Die frühesten Zeitangaben stammen aus der Südwestküste Smaalenenes, dem südlichen Teile von Jarlsberg und Larviks Amt und der Ostküste Bratsbergs. Sie zeigen ungefähr $11^h\ 27^m$ an. Von Christiania liegen vier genaue Zeitangaben vor, nämlich $11^h\ 27^m\ 20^s$, $11^h\ 27^m\ 35^s$, $11^h\ 27^m\ 50^s$ und $11^h\ 27^m\ 55^s$; wahrscheinlich liegt die zweite Angabe der wahren Zeit am nächsten. In Elverum nördlich von Christiania ist $11^h\ 28\frac{1}{2}^m$ notiert, und von Drontheim geben zwei Berichte $11^h\ 29^m$ und zwei andere $11^h\ 30^m$ an. Wahrscheinlich ist das Erdbeben dort einige Sekunden früher als $11^h\ 30^m$ eingetroffen. Aus dem west-

[1]) Jahrbuch des Museums von Bergen 1905. Heft 1 u. 4. Die Erdbebenwarte Jahrgang 4. p. 105 ff.

lichen Norwegen hat man die folgenden genauen Zeitangaben: Vossevangen 11h 28m 48s, Dale Station 11h 29m, Eksingedalen 11h 29m, Bergen 11h 29m 15s, Stavanger 11h 29m. In Dale, Sondfjord und Nordfjordeid wurde das Erdbeben zwischen 11h 29m und 11h 30m beobachtet.

Wenn man bedenkt, wie unsicher die Zeitangaben sind, muß man sehr vorsichtig sein, wenn man Isochronen konstruieren will. Professor Deecke hat versucht, solche Isochronen zu zeichnen, und ist zu dem Resultate gekommen, daß diese Isochronen langgestreckte, gegen Nordwest gerichtete ellipsoidische Kurven bilden. Er ist indessen von der Voraussetzung ausgegangen, daß das Erdbeben in Bergen 11h 30m und in Drontheim 11h 29m eintraf. Das jetzt bearbeitete Erdbebenmaterial ergibt indessen, daß das Erdbeben in Bergen 11h 29m 15s und in Drontheim einige Sekunden früher als 11h 30m eintraf. Die Kurve bekommt hierdurch eine andere Form. Feste Punkte für die Isochrone für 11h 29m scheinen Dale Station, Stavanger, ein Ort im nördlichen Schonen, Upsala und ein Ort im nördlichsten Teile von Hedemarkens Amt zu sein.

Es geht aus den Mitteilungen der auswärtigen Erdbebenstationen hervor, daß das Hauptbeben zu den folgenden Zeiten eingetroffen ist: Leipzig 11h 30m 4s, Hamburg 11h 29m 41s, Göttingen 11h 30m 14s, Potsdam 11h 30m 27s, Dorpat 11h 30m 30s, Laibach 11h 31m 35s, Edinburgh 11h 31m 35s und Straßburg 11h 33m 35s. Wenn diese Zeiten mit dem, was nach der geographischen Lage der Stationen zu erwarten wäre, nicht stimmen, so kommt das vielleicht davon, daß die verschiedenen Apparate aller Stationen nicht die ersten schwachen Bewegungen registriert haben.

Da nur die stärksten der von den Seismographen registrierten Schwingungen von Menschen gefühlt werden, muß man die oben erwähnten norwegischen Zeiten mit den Zeiten für den Anfang der maximalen Schwingungen der Erdbebenmesser vergleichen. Das Maximum wurde zu den folgenden Zeiten erreicht: Potsdam 11h 31m 2s, Leipzig 11h 31m 30s, Dorpat 11h 31m 36s, Hamburg 11h 31m 50s. Göttingen 11h 32m 30s, Straßburg 11h 34m 20s, Laibach 11h 34m 34s und Edinburgh 11h 35m.

Als ein Hauptresultat des Studiums der Zeitangaben ergibt sich: Das Erdbeben muß im innern Teile des Skagerraks einige Sekunden früher als 11h 27m, wahrscheinlich schon 11h 26m 45s, begonnen haben.

Wie man aus den Karten, welche der Gesamtarbeit beiliegen, sieht, hat das Erdbeben in der am stärksten erschütterten Zone durchgehends die Stärke VIII (Rossi-Forel) erreicht. Diese Zone umfaßt die Küstenstrecke am innern Teile des Skagerraks und sendet von hier aus Ausläufer die Täler des Skiensflusses und den Christianiafjord entlang. Diese eigentümliche Form ist entweder von alten Bruchlinien, längs deren das Erdbeben sich mit unver-

änderter Stärke fortgepflanzt hat, bedingt, oder die Erschütterung wurde in diesen niedrigen Gegenden stärker gefühlt, weil sie mit loserm Materiale bedeckt sind.

Nördlich und westlich von diesem Gebiete findet man eine Zone, wo die Stärke sehr oft VI oder VII erreicht, wo man indessen auch, namentlich im Norden, Stellen findet, an denen die Stärke nur IV und V ist.

In dem norwegischen Hochgebirge wurde das Erdbeben entweder nicht gefühlt, oder es war verhältnismäßig schwach.

Gehen wir weiter gegen Westen, so finden wir, daß das Erdbeben in den innern Teilen der westnorwegischen Fjorde erheblich stärker war.

Sonst hat das Erdbeben im westlichen Norwegen ungefähr die Stärke IV und V gehabt. Eine Ausnahme bildet die äußerste Küstenstrecke, wo es überhaupt nicht gefühlt wurde.

Das Erdbeben wurde auch auf der See beobachtet; es war besonders der Fall im Skagerrak und in dem Christianiafjorde, wo man auf mehrern Schiffen den Eindruck hatte, als ob das Schiff auf Grund geraten wäre; auf andern war es, als ob man den Anker in tiefem Wasser fallen ließe, und die Kette schnell ausliefe.

Auch in den Seen und Flüssen in den zwei am stärksten erschütterten Zonen wurde das Wasser bewegt, und in mehrern Fällen entwichen Luftblasen, und Fische hüpften aus dem Wasser.

Im westlichen Norwegen wurde das Wasser im innersten Teile des Sognefjords bei Aurland und Gudvangen bewegt. Wie erwähnt, war das Erdbeben auch auf dem Lande hier ziemlich stark.

Den Charakter der Bewegung betreffend ist zu bemerken, daß die meisten Beobachter die Bewegung als wellenförmig aufgefaßt haben, einige sprechen nur von schwachem Zittern und andere (namentlich in der am stärksten erschütterten Zone) meinen, daß die Bewegung stoßförmig war. Von den letztern haben einige horizontale, andere vertikale Stöße beobachtet.

Die Zahl der Erschütterungen war an einigen namentlich in der innern Zone liegenden Orten vier und drei, an andern Orten zwei und an den meisten Orten im westlichen Norwegen nur eine.

Die Dauer der Bewegung wird von den verschiedenen Beobachtern verschieden angegeben. Ein guter Beobachter in Christiania, der die Bewegungen der Pflanzen in seinem Zimmer studierte, fand, daß die Dauer mindestens 6 bis 7 Minuten betrug.

Die genaue Kenntnis der Bewegung und Dauer gewinnt man aus den Seismogrammen der auswärtigen seismologischen Stationen, von denen Verf. eine Zusammenstellung gibt.

Das große Erdbeben am 23. Oktober ist von einem Erdbebenschwarme begleitet gewesen. Die erste kleine Erschütterung traf am 22. Oktober ein, und die seismische Unruhe setzte sich selbst im neuen Jahre fort. Die eben erwähnten Erschütterungen traten,

wie sich ergab, in der Umgegend von dem vermuteten Epizentrum auf, und da diese Gegenden sonst nicht von Erdbeben berührt sind, stehen diese Erschütterungen zweifelsohne in genetischer Verbindung mit dem großen Erdbeben. Da dies aller Wahrscheinlichkeit nach ein tektonisches Erdbeben ist, liegt somit ein Beispiel vor, daß die Spannung nicht mit einem Male ausgelöst wurde. Daß der Herd dieser Auslösung im innern Teile des Skagerraks lag, ergibt sich aus dem Studium der Zeitangaben, der Stärke, der Fortpflanzung, der Unruhe auf der See und den kleinen begleitenden Erschütterungen.

Das skandinavische Erdbeben vom 23. Oktober 1904 und seine Wirkungen in den südbaltischen Ländern ist von Prof. W. Decke untersucht worden.[1]) Die Schlußergebnisse dieser Untersuchung sind folgende:

Das im Skagerrak entstandene tektonische, mit dem Bruchsysteme des Christianiafjordes und Skagerraks genetisch verbundene Erdbeben hat sich mit seinen letzten schnellen Wellen über ganz Deutschland ausgebreitet, so daß dieses und ein Teil der Alpen in die mikroseismische Zone gehört. Makroseismisch ist der Stoß in den Landstrichen südlich und östlich des Ostseebeckens beobachtet, aber meistens nur in der Küstenzone. In Pommern ist Stettin bisher der südlichste Punkt. Während aber die Südwestecke der Ostsee in Holstein, Hamburg, Lübeck, vielleicht auch Mecklenburg und sicher Vorpommern keine makroseismische (d. h. ohne Instrumente wahrnehmbare) Bewegung zeigte, hat die hinterpommersche und preußische Küste von Kolberg bis Riga alle gewöhnlichen Anzeichen eines schwachen Erdstoßes von der Klasse II der Forel-Rossischen Skala geliefert. Derselbe verschwindet landeinwärts an dem pommerschen Landrücken. Die Kurven fühlbarer Erschütterungen, die in Skandinavien gegen Nordost gestreckt sind, erleiden im südwestlichen Abschnitte des Baltikum eine auffällige Verengerung in westlicher Richtung.

In Pommern und Preußen trat das Erdbeben durchaus gleichförmig auf, und zwar in Form einer leichten Erschütterung, wie wenn ein Lastwagen über das Pflaster fährt. Schaden ist nirgends geschehen. Die Beobachter hatten ein rasch vorübergehendes Schwindelgefühl und die Empfindung, auf ganz schwach bewegter See zu sein; Hängelampen, Blumenwedel, Ampeln, Gewichte der Uhren pendelten hin und her, gelegentlich wurde ein Geräusch wie von einem rollenden Wagen vernommen, ganz vereinzelt ist ein leichter Gegenstand um- oder herabgefallen. Bemerkenswert ist, daß fast alle Beobachter im Zimmer saßen, mit Lesen oder Schreiben

[1]) IX. Jahresbericht der geogr. Gesellschaft in Greifswald 1903—1905. p. 135 ff.

beschäftigt. Im Freien hat kaum ein einziger etwas gemerkt, ein Zeichen, wie schwach die Bewegung war. Befördernd für die Beobachtungen wirkte, daß sie Sonntag Vormittag erfolgen konnten, wo sich viele Personen zu Hause mit schriftlichen Arbeiten abgeben, und daß am Sonntag kein Lastwagenverkehr stattfindet; denn sonst hätten die meisten die Erschütterung in Gedanken sofort auf solche Ursache zurückgeführt und unbeachtet gelassen. Das Barometer scheint gleichmäßig im Steigen gewesen zu sein. Das Meer hat nur ganz schwach auf das Beben reagiert; denn bei Arkona und Swinemünde war keine, bei Danzig nur eine unbedeutende, bald wieder einebbende Anschwellung nachweisbar. In der Hinsicht verhält sich dies Beben in unsern Gegenden anders als das Lissaboner, welches freilich ungleich heftiger auftrat.

Ganz genaue Zeitangaben fehlen leider. Die vorhandenen genügen jedoch vollständig, um zusammen mit den Seismogrammen der entferntern Orte die pommerisch-preußische Erschütterung auf Skandinavien zu beziehen. Nach den Kurven gleicher Zeiten und der Beobachtung des Stoßes in Lund um $11^{h}\,29^{m}\,40^{s}$ war in Pommern das Beben um $11^{h}\,30^{m}\,30^{s}$ zu erwarten. In Potsdam liegt das Maximum bei $11^{h}\,31^{m}\,2^{s}$ — 49^{s}, in Leipzig $11^{h}\,31^{m}\,30^{s}$. Damit stimmt die oben angegebenen pommerschen Zeiten überein. In Zanow schlug die Uhr unmittelbar nach dem Stoß ½12. Die übrigen Zahlen weichen nach unten und oben ab. $11^{h}\,27^{m}$ ist zu früh für Saßnitz, $11^{h}\,34^{m}$ zu spät für Hinterpommern, da damals die Welle bereits in Laibach angelangt war; $11^{h}\,32^{m}$ für Memel ist auch ein wenig zu spät, weil das Maximum schon in Dorpat war, aber immerhin ziemlich genau. Die Entfernung Lund — Potsdam beträgt ca. 360 *km*. Die Zeitdifferenz ist 82 Sekunden, so daß eine Geschwindigkeit der Welle von 4.4 *km* herauskäme.

Endlich ist zu bemerken, daß in Hinterpommern mehrere Beobachter von kurzem, wiederholtem Ruck sprechen, was mit den Seismogrammen und den Angaben Svedmarks, daß mehrere Stöße erfolgt seien, stimmt.

Übrigens hat es bei diesem Hauptbeben in Skandinavien sein Bewenden nicht gehabt. Am Nachmittage traten weitere schwächere Erschütterungen ein: am 25. Oktober $6^{h}\,10^{m}$ p. m. wurde eine solche beim Leuchtturm Strömtangen registriert, am 26. Oktober $6^{h}\,27^{m}$ a. m. eine solche im südlichen Teile des Amtes Smalenene bei Frederikstad an der schwedisch-norwegischen Grenze. Noch am 18. November $3\frac{1}{2}^{h}$ a. m. ist die Gegend von Ullensåker und Eidsvold durch zwei aufeinanderfolgende Stöße erschüttert, die stärker waren als am 26. Oktober. Es handelt sich also, wie Svedmark mit Recht bemerkt, um einen Erdbebenschwarm, der mit einem heftigern Stoße beginnen oder nach längern schwächern Beben mit einem solchen schließen kann. Typus dieser Erscheinung sind die von H. Credner so trefflich geschilderten Bebenschwärme des Vogtlandes in Sachsen.

Das Erdbeben am 4. April 1905 in Vorderindien. Am Morgen dieses Tages wurde ein großer Teil Hindostans von einem starken Erdbeben heimgesucht, welches dort entsetzliche Verheerungen angerichtet hat. Bis jetzt liegen natürlich erst Zeitungsberichte über dieses Ereignis vor, die der Lage der Sache nach in der Eile und meist von nicht fachlich unterrichteten Reportern herrühren. Nachfolgendes ist eine vorläufige Zusammenstellung der zuverlässigsten Nachrichten dieser Art. Der Zentralpunkt der Erdstöße scheint die Gegend von Dharmsaleh und Kangra an den südlichen Ausläufern des Himalajagebietes gewesen zu sein. Das in Indien erschütterte Gebiet besteht aus zwei verschiedenen Teilen, Hügelland und Ebene. In ersterm, das die größte Heftigkeit des Stoßes auszuhalten hatte, ist die Bevölkerung dünn verteilt, wenngleich größere Ortschaften hauptsächlich um die Wohnstätten der Behörden, die Truppenplätze und die Luftkurorte entstanden sind. Dharmsaleh, Dalhousie und Simla mit den benachbarten Plätzen Mussuri, Dehra Dun, Almora, Ranikhet und Nainital sind die wichtigsten dieser Ortschaften. Es befinden sich dort zahlreiche öffentliche und private Steinbauten, die bei Erdbeben in erster Linie gefährlich sind. Eine andere Gefahr bieten die Erdrutsche, wie diejenigen, die die Straße nach Dharmsaleh beschädigt haben. Weil die Abhänge der Berge Risse aufweisen, ist Schlimmes noch zu befürchten, wenn Regen fällt.

Der andere Teil des Erdbebengebietes erstreckt sich südlich von dem Kangratale. Es ist eine weite gleichmäßige Ebene mit manchen großen Städten und Ortschaften, in denen sich vielfach die Baudenkmäler aus der Zeit der großen mohammedanischen und indischen Herrscher erheben. Amritsar und Lahore, von Dharmsaleh aus die bedeutendsten dieser Städte, haben schwer gelitten, wenn auch in geringerm Maße als Dharmsaleh selbst und Palampur. Eine Nachricht, daß die auf dem Grunde eines Kanalbaues bei Delhi weilenden Arbeiter kopfüber umgeworfen wurden, klingt nicht unglaublich, wenn man vernimmt, daß in dieser Stadt ein 75 *m* hohes und unten beinahe 15 *m* im Durchmesser breites Minaret umgestürzt ist, dessen oberer Teil schon 1803 weggefegt worden war.

In dem Erdbebengebiete kamen bis zum 9. April noch häufige Bodenstöße vor, und die Bewohner, die sonst die häufigen Erdstöße leicht nehmen, lebten in fortwährender Angst. Ein Versuch, den geographischen Umfang des Erdbebens genau zu bestimmen, ist noch vergeblich, da noch keine Nachrichten aus dem Osten eingegangen sind. Aus der Landschaft Kulu nordöstlich von Simla trafen Meldungen ein, wonach die Europäer in den Orten Kulu, Palampur, Dehra Tehsilo und Hamirpur am Leben sind. In Kulu waren die Stöße so heftig, daß die aus ihren Wohnungen fliehenden Menschen sich an Bäume anklammern mußten, um nicht weggehoben zu werden. Eingeborene, die aus dem Innern in Simla eintrafen, berichteten, daß in den Hügeln des Staates Baschahr vulkanische

Ausbrüche stattgefunden hätten. Die Bestätigung dieser Nachricht bleibt abzuwarten. Laut neuern Meldungen sind in dem Bezirke Palampur etwa 3000, im Bezirke Kangra 10 000 Menschen umgekommen.

Die Zahl der in Dharmsaleh umgekommenen Europäer wird auf 20 angegeben, Männer, Frauen und Kinder. In dem Orte, der sich über eine Reihe von Hügeln hinzieht, lag eine starke Besatzung von Gurkha, von denen nahezu 500 verunglückt sind. Hauptsächlich das 7. Gurkharegiment ist betroffen; es hat von seinem Bestande von 912 Mann (mit 13 britischen Offizieren und 1 Arzt) mehr als ein Drittel verloren. Die Mannschaften stammen aus dem Bezirke Assam. In dem Basarviertel sollen 1000 Indier umgekommen sein; unter den Bewohnern der Umgegend der Stadt soll der Verlust 20 bis 30 % betragen. Der Verlust an Europäern wäre viel größer, wenn das Erdbeben eine Woche oder zwei später stattgefunden hätte. Um Mitte April nämlich pflegen die Beamtenfamilien aus einer weiten Umgebung sich in dem hochgelegenen kühlen Orte einzufinden, um den Sommer dort zu verbringen. In Dschallandar rüstete sich schon eine Anzahl Familien zum Aufbruche nach Dharmsaleh. Gegenwärtig ist der Ort wieder mit dem Telegraphen verbunden. Die Toten wurden neben ihren Wohnungen begraben oder verbrannt; als Brennstoff wurden die Balken und Dielen der Häuser benutzt.

Natürlich haben die seismographischen Instrumente außerhalb Indiens das Erdbeben registriert. Die kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg teilt folgendes mit: Das verheerende Erdbeben, das am Morgen des 4. April einen großen Teil des Indus- und Gangesgebietes heimgesucht hat, ist von den Beobachtungsinstrumenten, die im Observatorium der Hauptstation (Universitätsgarten) aufgestellt sind, mit großer Schärfe aufgezeichnet worden; es gehört also in die Zahl derjenigen Erderschütterungen, deren Wellen in einer für die empfindlichen Apparate genügenden Stärke die ganze Erdkruste durchlaufen. Das Aufzeichnungsbild der Bewegungen dieses Erdbebens zeichnet sich derart durch die Größe der Ausschläge aus, zu denen sie die Schreibstifte des Apparates „Vicentini“ anregten, daß mit ziemlicher Sicherheit zerstörende Wirkungen der Erderschütterung vermutet werden konnten, falls sich ihr Herd auf dem Festlande befand; dies ist nun in der Tat der Fall gewesen. Die ersten feinen Schwingungen, die „Vorbeben“, trafen in Straßburg zwei Stunden nach Mitternacht ein, $1^h\ 58^m\ 26^s$ M E Z. des 4. April. Da nun erfahrungsgemäß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen etwa 14 *km* in der Sekunde beträgt, so fand in dem 6500 *km* entfernt gelegenen Agra das Beben um 464 ^{s}, also um $7^m\ 44^s$ früher statt, d. h. $1^h\ 50^m\ 42^s$ M E Z. oder, da Agra auf 78° östl. L. liegt, um $6^h\ 13^m$ Ortszeit. Dazu stimmen die eingetroffenen Angaben, nach denen das Erdbeben am 4. April

früh morgens um 6h 10m eintrat. Länger als 1h 30m dauerte die Aufzeichnung der langen Wellen, die durch jenes Erdbeben in der Erdrinde erregt waren.

Der Seismograph des astrophysikalischen Institutes auf dem Königsstuhle meldete die ersten Bodenschwankungen gegen $1^3/_4$h MEZ Dienstag Nacht. Kurze Zeit darauf kam eine Reihe heftiger Erdstöße, deren stärkster (um 2h) die 33 Zentner schwere Pendelmasse nach Osten zu aus der Gleichgewichtslage herausschleuderte und gegen die Sicherung warf. Ein zweiter, fast 5 Minuten später eintreffender, ebenfalls sehr heftiger Stoß warf die Masse fast wieder in die Ruhelage zurück. Die letzten schwachen Erderschütterungen wurden gegen 2½ Uhr aufgezeichnet. Bei der hohen Empfindlichkeit des Seismographen entsprechen den registrierten Ausschlägen Bodenschwankungen von 1 bis 2 *mm*. Auch sonst machte sich das Erdbeben bemerkbar. Eine der Pendeluhren des Institutes, die in der Richtung schwingt, aus der die Erdstöße kamen, verlor 2 Sek. Ferner verlief sich das seit Wochen bei Abgrabungsarbeiten auf der Sternwarte aufgespeicherte Grundwasser in der betreffenden Nacht vollständig.

Seebeben im Arabischen Meere. Der Hansadampfer „Liebenfels", Kapitän E. Breiting, befand sich auf einer Reise von Suez nach Rangun am 2. Oktober 1904 mittags in 13.3° nördl. Br., 54.1° östl. L. nördlich von Sokotra. Bei leichter östlicher Brise wurde rw. S. 74° O gesteuert und am 3. mittags nach astronomischen Beobachtungen 12.2° nördl. Br., 58.5° östl. L. erreicht. Der II. Offizier, Herr B. Hagedorn, berichtet über ein Seebeben am Morgen des 3. Oktober wie folgt: „Am Morgen des 3. Oktober 1904 auf 12° 19′ nördl. Br. und 57° 56 östl. L. bei schönem Wetter und leichter Dünnung aus Südosten bis Süden erfolgte um 7h 8m eine heftige Erschütterung in horizontaler Richtung. In der Annahme, daß es sich um einen Schaden in der Maschine handle, stoppten wir sofort die Maschine. Nach ungefähr 15s Erschütterung trat eine Ruhepause von etwa 10s ein, dann folgte eine abermalige Erschütterung, welche etwa 20s dauerte. Nachdem alles überholt war, und wir gefunden hatten, daß das Schiff keinen Schaden erlitten, dampften wir weiter. Während wir gestoppt lagen, wollen mehrere Mann der Besatzung zweimal eine leichte Erschütterung wahrgenommen haben. Um 7h 53m bestimmten wir die Deviation und fanden, daß sie dieselbe war wie sonst. Jedoch sagte der Rudersmann aus, daß schon kurze Zeit vor der Erschütterung der Steuerkompaß ins Schwanken geraten sei, wohl drei Strich nach jeder Seite, und während der Erschütterung vollständig herumgedreht wäre. Um 8h 24m vormittags erfolgte wieder eine Erschütterung, jedoch nicht so heftig wie das erste Mal. Wir stoppten wieder, loteten 220 *m* (120 Faden) Wassertiefe (kein Grund), dampften dann zurück nach derselben Stelle und loteten

wieder, hatten auch keinen Grund. Nach unserer Annahme muß es sich um ein Seebeben gehandelt haben. Die Kompasse blieben das zweite Mal ruhig. Der Stand des Barometers war normal. Um $9^h\ 30^m$ vormittags bemerkten wir wieder eine ganz leichte Erschütterung. Die See war währenddem ruhig".[1])

Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinnern hat Dr. Hans Benndorf Untersuchungen angestellt.[2]) Als Grundlage für die Bestimmung der wirklichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in verschiedenen Tiefen der Erde versucht der Verfasser in dieser ersten Mitteilung zunächst die Zeit T_1, die ein Stoßstrahl des ersten Vorbebens braucht, um vom Bebenzentrum zum Beobachtungsorte zu gelangen, als Funktion der Epizentralentfernung Δ darzustellen. Nach kritischer Sichtung des vorliegenden Beobachtungsmateriales ergeben sich Wertepaare, die durch die empirische Gleichung $T_1 = 0.4 + 1.7\,\Delta - 0.042\,\Delta^2$ gut dargestellt werden, wenn T_1 in Minuten und Δ in Megametern (1 Megameter = 1000 *km*) ausgedrückt werden.

In analoger Weise ergibt sich für die Laufzeit T_2 des zweiten Vorbebens

$$T_2 = 1.3 + 3.0\,\Delta - 0.075\,\Delta^2.$$

Diese Formeln enthalten nur je zwei Konstanten, da der Koeffizient von Δ aus theoretischen Gründen 40 mal so groß als der von Δ^2 ist.

Diese Formeln würden bestätigen, wegen der mangelnden Proportionalität mit Δ, daß sowohl die Wellen des ersten wie die des zweiten Vorbebens durch den Erdkern hindurchgehen.

Während es seit den Experimentaluntersuchungen Schlüters als sichergestellt angesehen werden kann, daß die ersten Vorläufer Longitudinalwellen sind, ist über die Natur des zweiten Vorbebens nichts Sicheres bekannt. Der Verfasser spricht die Vermutung aus, die in einer folgenden Arbeit eingehender begründet werden soll, daß die zweiten Vorläufer Scherungswellen sind.

Indirekt wird schließlich für die Laufzeit T des Maximums des Hauptbebens die Gleichung $T = 4.4\,\Delta$ erschlossen, was einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hauptwellen von $3.8\,\frac{km}{\text{sek}}$ längs der Erdoberfläche entsprechen würde.

Zum Schlusse werden die Gleichungen für T_1, T_2 und T dazu benutzt, die so auffallend genauen, von Laska gegebenen Regeln zur Berechnung der Epizentralentfernung zu prüfen.

---

[1]) „Annalen der Hydrographie 1905."

[2]) Anzeiger d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1905. Nr. 20. p. 377.

Es ergibt sich dabei folgendes:

Die erste Láskasche Regel: „Die Länge des ersten Vorbebens in Minuten, vermindert um eine Minute, ist gleich der Epizentralentfernung in Megametern", stimmt ziemlich genau bis zu einer Entfernung von 10 000 *km*, darüber hinaus zeigen sich stetig steigende systematische Abweichungen.

Die zweite Láskasche Regel: „Die Länge beider Vorbeben in Minuten ist gleich der dreifachen Entfernung in Megametern", stimmt wesentlich genauer als Regel 1, hat aber auch systematische Abweichungen (im entgegengesetzten Sinne) bei größern Epizentralentfernungen.

Prüft man aber die von Láska aus den Regeln 1 und 2 kombinierte Formel zur Berechnung der Entfernung des Bebenherdes, so findet man eine geradezu überraschende Übereinstimmung. Sind die Formeln des Verfassers für T_1, T_2 und T nahezu richtig, so würde sich ergeben, daß nach der kombinierten Láskaschen Regel sich die Epizentralentfernungen, richtige Ablesungen der Erdbebendiagramme vorausgesetzt, bis zu Distanzen von 10 000 *km* auf 100 *km* und darüber hinaus bis zum Antipodenpunkte auf mehrere Hundert Kilometer genau bestimmen lassen.

Diese Untersuchungen können als neuer, unabhängiger Beweis der außerordentlichen Genauigkeit der Láskaschen Regel dienen; umgekehrt gibt jedes Bebenbild, das der Regel gehorcht, eine weitere Stütze für die angenäherte Richtigkeit der in der Arbeit abgeleiteten Beziehungen.

Vulkanismus.

Temperaturen im Erdinnern. James Stirling hat in den Gruben von Bendigo (Victoria) in der „180 Grube" Messungen der Temperatur bis zu 3250 Fuß Tiefe gemacht. Er fand, daß in einer Tiefe von 454 Fuß die Temperatur für je 100 Fuß um 1° F. (= 0.555° C.) zunahm, bei 1294 für je 182, bei 1750 für je 173, bei 2295 für je 152, bei 2701 für je 137, bei 3110 für je 110, bei 3250 Fuß für je 111 Fuß; im Mittel also nimmt für je 135 Fuß die Temperatur um 1° F., oder für 243 Fuß um 1° C. zu. Die Untersuchungen sollten zur Entscheidung der Frage dienen, bis zu welcher Tiefe der Bergbau betrieben werden könnte. Die Schwierigkeiten für einen Abbau in sehr großen Tiefen liegen seiner Ansicht nach weniger in Förderungsschwierigkeiten als in dem ungeheuern Drucke und der Temperatur. Er gibt noch folgende Zusammenstellung: Zur Erhöhung der Temperatur um 1° C. sind erforderlich auf den Gruben:

Calumet & Hecla (Agassiz)	402.6	Fuß,
Bendigo (180 Grube) (Stirling)	243	„
Maldons (Jenkins)	145	„
Ballarat „	144	„
Bendigo „	139	„
Someurty	118	„
Schladebach	114	„
Pittsburg	111	„
Spirenberg	105	„
Ruhrgruben	92	„
Saargruben	90	„

Der Durchschnitt ist 154.5 Fuß. Verf. meint, der für die Mehrzahl europäischer und amerikanischer Gruben gültige Durchschnitt von 108 Fuß für 1° C. treffe jedenfalls für die Verhältnisse in Victoria nicht zu.[1])

Der große Geiser Waimangu auf Neuseeland wird von A. Erbstein als der gewaltigste seiner Art geschildert.[2]) Von Auckland, der ehemaligen Hauptstadt und dem jetzt wichtigsten Hafen der Nordinsel, gelangt man mit dem Expreßzuge nach Rotorura, einem Distrikte, der viele heiße Seen und Quellen enthält. In der Mitte dieser kochenden Region befindet sich der Geiser „Waimangu". Um einen Begriff von der Größe dieser Springquelle zu bekommen, muß man die Höhen der umliegenden Punkte ermessen. Die am Rande des Kraters, der einen See kochenden Wassers umschließt, stehende Schutzhütte befindet sich 150 *m* über der Ebene, während der Wasserspiegel des Geiserbassins im Zustande der Ruhe 13 *m* unterhalb des Niveaus der Ebene liegt. Zu doppelter Höhe als die Lage der Schutzhütte erhebt sich gewöhnlich die Springflut beim Ausbruche dieses Geisers, also mindestens 300 *m*. Doch ist dies keineswegs die erreichbare Maximalhöhe, denn höhere Fluten wurden wiederholt aufgezeichnet, und Warnock hat eine Eruption von 400 *m* Höhe beobachtet. Buckeridge hat das Bassin dieses Geisers in einem kleinen Boote befahren, dabei den Umfang abgemessen und gefunden, daß die Oberfläche 1 *ha* groß ist. Der mutige Geometer wurde zum Glücke nicht von einem Ausbruche der heißen Flut überrascht. Aus dem Umfange des Bassins können wir ersehen, daß dieser Geiser sicher der größte der Welt ist. Er treibt sein dämonisches Spiel durchschnittlich 21mal in jedem Monate, ist dabei sehr ungleich und gibt vorher kein warnendes Zeichen. Die mächtige Dampfwolke, welche von dem heftig emporschießenden heißen Wasser ausströmt, steigt bei ruhigem Wetter bis 1000 *m* hoch. Die erste Eruption fand erst im Jahre 1902 statt; früher wußte man von

[1]) Eng. and Min. Journ. 1905. **79**. p. 745; durch Chemiker-Zeitung 1905. p. 168.

[2]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1905. p. 455.

diesem Geiser so viel wie gar nichts, und er mag auch erst in den letzten Jahren entstanden sein. Er liegt nämlich auf dem Terrain, welches durch den furchtbaren Ausbruch des Vulkans Mount Taravera im Jahre 1886 gänzlich verschüttet wurde. Nicht weit davon befanden sich auch die rotweißen Steinterrassen von Rotomahana, deren Schönheit von der Lava des genannten Vulkans in dem gleichen Zeitpunkte für immer begraben wurde. Außer diesem Geiser befinden sich in derselben Region neben echten Schlammvulkanen noch mehrere andere große Springquellen, von welchen die bedeutendsten die Namen Pohutu, Wairoa, Feather und Papakura führen. Alle Wärmegrade sind vertreten. Einige dieser Quellen kochen unaufhörlich, andere sind zischende Schlünde, gefüllt mit Schlamm und Schwefel, die Dampfwolken und Schwefelrauch emporsenden, während wieder andere eine reine, grüne oder dunkelblaue Farbe haben, deren Schönheit über jeden Vergleich erhaben ist.

Isländische Vulkane und Kraterformen. Prof. Th. Thoroddsen (Kopenhagen), der beste Kenner der vulkanischen Zustände Islands, verbreitete sich über die Bruchlinien dieser Insel und ihre Beziehungen zu den Vulkanen.[1] Er betont, daß diese Beziehungen nirgendwo klarer zutage treten als auf Island. „Die große Basaltscholle,“ sagt er, „welche die Grundlage der ganzen Insel bildet, erhielt erhebliche Querbrüche und begann am Schlusse des Miozäns sich zu senken, und es bildete sich im Pliozän infolge von unzähligen Ausbrüchen der große Bogen oder Gürtel von palagonitischen Tuffen oder Breccien, welcher sich quer über Island erstreckt; in diesen gesenkten Gebieten haben die Vulkane eine großartige Tätigkeit seit dem Pliozän, während der Eiszeit und bis auf die Gegenwart entwickelt. Am Schlusse des Pliozäns, vielleicht auch teilweise in der Eiszeit, entstanden ungeheuer große Lavafelder aus Dolerit, und nach der Eiszeit fand eine erhebliche Produktion von dunklen, basaltischen Lavaströmen statt, welche jetzt ungefähr 11 200 *qkm* bedecken; einige postglaziale liparitische Lavaströme sind ebenfalls vorhanden, jedoch nehmen sie nur ein sehr kleines Areal ein. Eine Eigentümlichkeit des isländischen Vulkanismus besteht darin, daß er auch in der Gegenwart dasselbe Gepräge bewahrt hat, welches ihn in der tertiären Zeit kennzeichnete, als ausgedehnte Basaltplateaus durch Spalteneruptionen am nördlichen Atlantischen Ozeane entstanden. Diese Spalteneruptionen sind noch charakteristisch für Island. Einige von den Spalten, die Lava ausgegossen haben, sind offen und ohne Kraterbildung, wie z. B. die 30 *km* lange Eldgjá, welche während eines einzigen Ausbruches 9 *kcm* Lava ausgoß: auf den meisten Spalten hat sich doch eine Reihe von mehrern niedrigen, 10 bis 200 *m* hohen Kratern, meistens in gerader Linie

[1]) Petermanns Mitt. 1905. p. 49.

gebildet. Dergleichen Kraterreihen können eine Länge von 10 bis 35 *km* besitzen, und häufig ist die offene Spalte zwischen den einzelnen Kratern sichtbar. Die Kraterreihen und Spalten, welche ohne Rücksicht auf die Terrainverhältnisse überall, sowohl auf dem Flachlande als auch auf Bergen und dem Hochlande, entstehen können, haben im Südlande die Richtung von SW. nach NO., im Nordlande hingegen erstrecken sie sich von S. nach N. Von größern Ausbruchsspalten und Kraterreihen habe ich 87 gefunden, sämtlich postglazialen Ursprunges; von der Eiszeit sind keine Kraterreihen bekannt, da die losen Schlackenkegel selbstverständlich forterodiert sind. Dahingegen werden ausgefüllte Eruptionsspalten aus der tertiären Periode und der Eiszeit, sowie Ruinen größerer Vulkane an vielen Orten gefunden. Andere Formen von postglazialen Vulkanen kommen auch gegenwärtig vor; wir kennen sechs Stratovulkane vom Vesuvtypus, sechzehn Lavakuppeln (Kilaueaform), dreizehn Explosionskrater und Kratergruppen (Puytypus), sowie vier liparitische Ausbruchsstellen, ferner zwei Vulkane unter Inlandeis verborgen, und zwei oder drei unterseeische Vulkane, zusammen ungefähr 130 postglaziale Vulkane, von denen 25 bis 30 in historischer Zeit Ausbrüche gehabt haben."

Eine merkwürdige, Thoroddsen offenbar unbekannte Erscheinung ist die große Ähnlichkeit vieler Krater und Krateranordnungen Islands mit solchen auf der Mondoberfläche. Die Zeichnungen solcher Kraterformen, welche Thoroddsen gibt, könnten ganz gut als Zeichnungen von Mondkratern gelten. Auch Formen, ähnlich den Mondrillen, kommen auf Island vor. Thoroddsen bemerkt: „Aus einzelnen klaffenden Spalten ist die Lava ohne weitere Kraterbildung ruhig ausgeflossen, aber im allgemeinen entsteht eine Reihe von Schlackenkratern. Da die Ausbruchswege in den Spalten sich häufig verändern, nehmen die Krater oft eigentümliche und merkwürdige Formen an; so gibt es oft langgestreckte, der Richtung der Spalten entsprechend, und bisweilen ist die eine Wand eingefallen oder fortgeführt worden, oder es bilden sich Kraterringe, einer in dem andern, usw. Die meisten vulkanischen Spalten sind nicht mit Dislokationen von den Spaltenrändern verbunden, obwohl diese doch gelegentlich vorkommen, und neue Grabensenkungen zuweilen bei Ausbrüchen in der Nähe stattgefunden haben. Eine Anzahl kleinerer paralleler Spalten ohne Ausbruchstätigkeit begleiten häufig die Hauptspalten. Man nimmt oft in den Profilen der Tuffgebirge Spalten wahr, die nicht die Oberfläche erreicht haben, aber doch mit Lava ausgefüllt sind und Apophysen in das Seitengestein gesandt haben. Wo sich größere Spaltensysteme kreuzen, befinden sich öfters große Vulkane, wie z. B. der größte Vulkan auf Island, die Askja, (in der Dyngjufjöll), mit einem 55 *qkm* großen Krater auf dem Kreuzungspunkte der Spalten des Südlandes von SW. bis NO. und der des Nordlandes von S. bis N. gelegen ist. Wo größere Bruch-

linien oder Verwerfungen in der Erdrinde vorhanden sind, haben sich die vulkanischen Kräfte nicht immer einen Weg durch dieselben, sondern daneben auf parallelen Klüften häufig auf dem höhern Bruchrande, gebahnt."

Nach Thoroddsen sind sowohl die großen als die kleinen isländischen Vulkane an Spalten der Erdrinde geknüpft.

Die Grande Soufrière auf Guadeloupe. Seit dem verhängnisvollen Ausbruche des Mont Pelé ist der Vulkan Soufrière aus seiner seit 1836 andauernden Ruhe aufgerüttelt. E. O. Hovey hat den Vulkan im April 1903 zweimal bestiegen und gibt über denselben Bericht:[1])

Guadeloupe, die größte unter den Inseln der Kleinen Antillen, zerfällt orographisch und ihrer Zusammensetzung nach in zwei ganz verschiedene Abschnitte, in die östliche „Grande Terre", die aus flach liegenden Kalken tertiären Alters, zumeist Korallenbildungen, besteht und die Höhe von 450 englischen Fuß über dem Meeresspiegel nicht überschreitet, und die westliche „Basse Terre". Die letztere ist durchaus vulkanisch, sehr gebirgig und gipfelt in der Grande Soufrière, 4868 Fuß. Die Grande Soufrière liegt 9 *km* nordöstlich von der Hauptstadt der Insel Basse Terre und ist unschwer ersteigbar. Ein Hindernis bildet nur die häufige Bedeckung des Berges durch Wolken. Nach den Beobachtungen Léon Le Bouchers war der Berg im Jahre 1878 an 235 Tagen des Jahres vollständig von Wolken verhüllt und nur an 27 Tagen ganz frei. Umso glücklicher traf es Hovey, der bei seinen beiden Besteigungen im April klares Wetter hatte und eine Übersichtskarte der Gipfelregion entwerfen konnte.

Ein eigentlicher Krater fehlt. Der Gipfelkegel scheint über einem alten Krater aufgeschüttet worden zu sein, von dessen ehemaligem Sommaringe noch an der Nord- und Westseite Spuren vorhanden sind. Er ist kahl oder mit Moos, Farnkräutern, Gras und Legföhrengebüsch bewachsen. Die Waldgrenze liegt bei 4300 Fuß. Eine herrliche Orchidee wächst hier in großer Üppigkeit, hat jedoch allen Versuchen, sie von ihrem Standorte zu verpflanzen, Widerstand geleistet. Der Untergrund des Gipfelkegels ist fester Fels, der aus einem Agglomerate von Tuffmassen in massiven Pfeilern und schroffen Zacken vorspringt, unter denen die auffallendsten mit besondern Namen (Piton Dolomieu, Piton Saussure, Piton Breislack, Portes d'Enfer, Les Aiguilles, Dent de l'Est) ausgezeichnet worden sind. Sie erinnern an die Massen und Pfeiler solider Lava, die sich in den Jahren 1902 und 1903 in dem neuen Staukegel des Mont Pelé gebildet haben.

---

[1]) Bulletin of the American Geogr. Society Septbr. 1904. Referat von Prof. Diener in d. M. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1905. p. 576.

Die höchste Erhebung des Grande Soufrière bildet ein unregelmäßiges Plateau von 1000 Fuß Länge in der NS.-Richtung und von 850 Fuß Breite in der WO.-Richtung. In der Mitte der Gipfelfläche schneiden sich zwei deutlich ausgesprochene Spalten, die auch in den Gehängen des Kegels stellenweise sichtbar sind und lokal zu beträchtlicher Tiefe aufklaffen. Die größere Spalte, die von N. nach S. verläuft, ist die Grande Fente. Sie klafft an ihrer breitesten Stelle 75 Fuß. An ihrem nördlichen Ende reicht sie fast bis auf die Basis des Kegels hinab. Hier befinden sich die unter dem Namen „Cratère du Nord“ bekannten Hauptfumarolen des Vulkanes, die die Stelle des ersten historischen Ausbruches im Jahre 1797 bezeichnen sollen. An dem Südabhange des Kegels gabelt sich die Grande Fente in zwei Spalten. Aus der Grande Fente finden an zahlreichen Punkten kräftige Exhalationen von Schwefel- und Wasserdampf statt, insbesondere an dem Cratère du Nord. Bis zum Jahre 1843 war die Grande Fente noch an der Basis des Nordabhanges des Gipfelkegels offen und dort sogar zu einer geräumigen Grotte (Caverne de Spallanzani) erweitert. Seitdem ist der Eingang zu derselben durch einen Bergrutsch verschüttet worden.

Eine natürliche, aus abgestürzten Felstrümmern gebildete Brücke von 60 Fuß Breite überwölbt die Grande Fente unweit der Stelle, wo sie von einer N. 40° W. streichenden Nebenspalte geschnitten wird. Der Niederblick von dieser natürlichen Brücke in die Schlünde der Grande Fente wird von Hovey als das eindruckvollste Moment der Soufrièrebesteigung geschildert. Im Osten der südlichen Fortsetzung der gleichfalls auf weite Strecken hin offenen Nebenspalte liegen die sehr tätigen Fumarolen des Cratère Napoléon.

Die langsame Zunahme der Aktivität aller Solfataren und Fumarolen der Grande Soufrière seit 1902 macht es nach Hoveys Ansicht wahrscheinlich, daß es auf Guadeloupe nicht zu einem katastrophalen Ausbruche wie am Mont Pelé kommen werde. Auch fehlen bei Basse Terre die Vorbedingungen für eine Konzentration der zerstörenden Wirkung des Ausbruches wie bei St. Pierre auf Martinique.

Vulkanische Vorgänge bei den Revillagiedo-Inseln. Der Postdampfer „City of Panama“, der am 21. Januar von San Franzisko nach Häfen an der mittelamerikanischen Küste fuhr, stieß unter 16° 58′ nördlicher Breite und unter 100° 29′ westlicher Länge auf eine meilenweit mit Bäumen, Pflanzen und Tierleichen bedeckte Fläche. Die Masse war so dicht, daß das Schiff sich manchmal nur mit Schwierigkeiten hindurchzuarbeiten vermochte. Manche der Bäume hatten einen Durchmesser von 5 bis 6 Fuß. Man nahm anfangs an, daß ein gewaltiger vulkanischer Ausbruch an der mittelamerikanischen Küste diese Masse auf die See geworfen habe. Das wird von der Geographischen Gesellschaft in London nicht ange-

nommen. Sie ist der Ansicht, daß ein derartiger Ausbruch auf dem Festlande sofort bekannt geworden wäre. Man neigt dagegen zu der Ansicht, daß eine gewaltige Erdumwälzung in der nördlich von der kalifornischen Halbinsel gelegenen Inselgruppe Revillagiedo stattfand. Diese Inseln liegen in der Nähe des 20. Grades nördlicher Breite und auf dem 110. Grade westlicher Länge. Der Dampfer war daher volle 4 Grad südlich und 10 Grad westlich der Inselgruppe, als er auf die vermeintlichen Trümmer einer Inselwelt stieß. Die Inseln sind zum Glücke unbewohnt, enthielten aber eine reiche Tierwelt, die hauptsächlich aus Vögeln bestand. Die Küstengewässer waren besonders reich an Schildkröten und Haifischen. Die großen Stämme sind der Beschreibung nach diejenigen, die auf Socorro oder Santa Thomas, der größten Insel der Gruppe, wachsen. Die Inseln sind vulkanischen Ursprunges und liegen in der Linie der Erdbebenzone von Mittelamerika. Es sind vier an der Zahl: Socorro, San Benedicto, Rocca Partida und Santa Rocca. Einige dieser Inseln sollen von Zeit zu Zeit verschwunden und andere wieder aufgetaucht sein. Weiter westlich liegt eine andere Inselgruppe, oder sie lag wenigstens dort. Ein zur Erforschung dieser Gruppe ausgeschicktes amerikanisches Schiff konnte vor einiger Zeit keine Spur von ihr finden. Man nimmt an, daß auch diese Inseln vulkanischen Ursprunges waren, daß sie durch eine unterseeische Umwälzung plötzlich auftauchten und ebenso plötzlich wieder verschwanden, ehe durch die englischer- oder amerikanischerseits vorgenommene Untersuchung ihre eigentliche Lage festgestellt werden konnte. Dasselbe Schicksal scheint jetzt die Revillagiedo-Inseln ereilt zu haben.[1])

Die Erforschung der Vulkane im Nordosten von Deutsch-Ostafrika ist durch Prof. Dr. C. Uhlig in erheblichem Maße gefördert worden. Wie er in einem in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1905, S. 120 bis 123 abgedruckten Schreiben mitteilt, hat er in den Monaten August bis Dezember 1904 mit Dr. Jaeger und Gunzert eine Reise in die wenig bekannten Gebiete im Nordwesten von Meru und Kilimandscharo ausgeführt. Im September erstieg Dr. Jaeger — Uhlig und Gunzert konnten den Gipfel nicht ganz bezwingen — den 2800 *m* hohen Vulkan Oldonjo l'Engai (südlich vom Natronsee, bisher als Donjo Ngai bekannt), der als tätig galt, wenigstens zuletzt von Dr. Schoeller und Hauptmann Frhr. v. Schleinitz als tätig bezeichnet wurde. Jaeger beobachtete den Krater und dessen Wasserdampf- und Schwefelwasserstoffexhalationen, die noch 500 *m* unterhalb des Gipfels zu riechen waren. Der Oldonjo l'Engai ist ein Tuffkegel von 2000 *m* (nach v. Schleinitz 650 *m*!) relativer Höhe, der aus Laven aufgebaute

[1]) Erdbebenwarte 1905. p. 161.

vulkanische Gebilde überdeckt. Auf der sehr steilen Spitze ist einem ältern, südlichen Krater, der seine Tätigkeit eingestellt hat, ein nördlicher angesetzt, der Schlammströme und Gase austreten läßt. Die Schlammströme sind mit Ausblühungen eines weißen Natronsalzes überzogen. Am Natronsee (Uhlig nennt ihn Magad) vorbei stieg man aus dem Graben empor und ging nach Westen bis in die Landschaft Ssonjo, wo der Oldonjo Sambu, eine 2400 *m* hohe Vulkanruine, 1700 *m* über dem Meere sich erhebend, bestiegen wurde. Eine große Verwerfung zerschneidet den Vulkan, dessen größerer Teil unter dem Natronsee begraben liegt. Weitere Forschungen ergaben, daß der Westrand des ostafrikanischen Grabens äußerst kompliziert gebildet ist; meist kann man zwei bis drei, einander gewöhnlich nicht parallele Steilränder unterscheiden. Der 80 *km* lange Hauptsteilrand zwischen dem Natronsee und dem Manjara (Laua ja Mueri) ist dadurch entstanden, daß eine Verwerfung gewaltige Vulkanberge beschnitt, so daß ihre Lavamassen nun 1000 *m* hoch und sehr steil abbrachen. Uhlig nennt hier drei Vulkane oder Vulkanruinen: den Elanairobi mit einem Krater von 5 *km* Durchmesser, den Olmoti und den Lo Málassin. Letzterer, mit 3700 *m* wohl der höchste auf dem westlichen Grabenrande, wurde erstiegen. Einige Berggruppen in der Nähe des Grabens erwiesen sich als jungvulkanischer Natur.

Interessant ist noch, daß Uhlig seine Vermutung, der Meru sei tätig, durch eine neue Besteigung bestätigt fand. Er drang von Osten her in den Krater des Meru vor und stellte fest, daß an der Peripherie des innersten Aschenkegels, etwa 100 *m* unter dessen Gipfel, andauernd Wolken von Wasserdampf den Gesteinsspalten entweichen. Da ferner die jüngsten Lavanachschübe in der Umgebung des Aschenkegels nicht älter als 25 Jahre sein dürften, so ist der Meru „zweifellos zu den tätigen Vulkanen zu rechnen".[1])

Der Vulkan Danau Rakitan auf Sumatra wird von Dr. J. Erb geschildert. Der Vulkan erhebt sich mitten im Talwege des Aier Luas und hat sichtlich teilend auf diesen eingewirkt, ihn in einen rechten Arm, den Aier Luas Dras, und einen linken, den Aier Luas Alon, zerlegt, welche beide abseits des Tuffmantels sich tiefe Schluchten eingeschnitten haben. Seine Seehöhe beträgt 900 bis 1000 *m*. Er steigt also höchstens 200 *m* über der niedrigsten Talstufe an, so wenig, daß der Hauptverkehrsweg an seinem Kraterrande vorbeiführt. Im Gegensatze zu den scharfen Erosionsformen an allen Bergen und Hügeln der Umgebung und auf der ganzen Wegstrecke, welche man von der Küste her nach ihm hin durchwandert, ist er direkt auffallend wenig von der Erosion beeinflußt worden. Von Süden, von Pematang Danau her bis zum obern nordwest-

[1]) Globus 1905. p. 244.

lichen Kraterrande, durchquert man eine weichgeformte, hügelige Tufflandschaft mit regellos geordneten und geformten, niedern Erhebungen und ohne ausgesprochene Durchtalung. Die Fortsetzung des Weges am jenseitigen Hange hinab, nach Ulu Danau hin, durchkreuzt wieder Schlacken- und Tuffmassen, leicht (15° gemessen) vom Krater wegfallend. Noch haben keine Seitenflüsse vom Aier Luas her diese leicht zerstörbaren Massen durchsägt. Der kleine Kratersee selbst liegt am Wege, etwa 80 *m* unter einem Kraterrande, der besonders am Südostufer steil zu ihm abfällt. Im Nordwesten, wo ein Pfad zum Seespiegel hinabführt, ist die Böschung weniger steil, 45° im Maximum. Der See ist unregelmäßig rundlich, mit einem maximalen Durchmesser von 600 *m* und einer von Verbeek festgestellten, größten Tiefe des flachen Seebodens von 52 *m*. Felswände schauen am östlichen und nordöstlichen Kraterrande aus der Vegetation hervor. Am Pfade und am Ufer des Sees stehen Lapillimassen an, nicht sehr deutlich gegen das Kraterinnere geneigt.

Ebensowenig oder noch weniger mitgenommen von der Erosion als der Vulkanmantel ist der innere Kraterhang. Am Südrande zieht sich ein kleines Tal vom Seespiegel nach oben, das aber den obern Kraterrand noch nicht erreicht hat, während ein zweiter, tieferer Wasserriß diesen gerade anschneidet. Dies und einige Quellen an der Nordnordostseite sind die einzigen Zuflüsse des nach keiner Seite hin entwässerten Sees.

Es ist in erster Linie die auffallend wohl erhaltene Form dieses Miniaturvulkanes in einer stark durchtalten und mitgenommenen Umgebung, welche Dr. Erb mit einem altmiozänen Alter unvereinbar erscheint. Die quartären und jüngern Vulkankegel der Umgebung, die jungtertiären Sedimente weiter küstenwärts, sind alle kräftig zernagt und ausgewaschen, und dieser kleine, aus leicht zerstörbarem Materiale aufgebaute, flache Kegel sollte mitten im Talwege sich in der ursprünglichen Frische erhalten haben? Das ist nicht wahrscheinlich. Ein direkter Beweis für seine Jugend ist aber der Umstand, daß der Krater noch heute leichte Spuren von Tätigkeit zeigt. Wie die Eingeborenen von Ulu Danau wissen, ereignet sich alle paar Jahre im See ein großes Sterben der Fische, das Seewasser wird dann trübe, milchig, nach Aussage der Umwohner von „Schwefelwasser“ (Aier Waliran), das vom Grunde aufsteigt. Dr. Erb hält den Danau Rakitan deshalb für eine ganz junge Bildung, einen kleinen Vulkan, der erst jetzt in das Stadium der Solfatarentätigkeit eingetreten ist.[1])

Vulkanausbruch auf Sawaii. Anfangs August 1905 fand auf dieser Insel ein vulkanischer Ausbruch statt, über den der Leiter des Samoaobservatoriums Dr. F. Linke berichtet. Es bildete sich

[1]) Vhdl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. p. 283.

12 bis 13 *km* von der Küste genau südlich von Matautu, ein neuer Krater, ein 70 bis 100 *m* hoher Hügel mit drei Ausbruchsstellen. Am 18. und 19. August führte Linke eine Umgehung des neuen Vulkanes aus. Er brach morgens von Matautu auf und vernahm von 10 Uhr ab alle 10 bis 15 Sekunden die die einzelnen Ausbrüche begleitenden Detonationen. Gegen 12 Uhr sah er den Boden mit vulkanischer Asche bedeckt und ward auf eine Lichtung aufmerksam, die das heiße Geröll hervorgebracht hatte. Anstatt der erwarteten Lava fand er heißes, fast glühendes Gestein von brauner Farbe, den „richtigen vulkanischen Schutt". Wie eine Mauer türmte er sich vor dem Beschauer auf, in dieser Form und haushoch langsam in das Tal hinabdringend; doch war von Bewegung damals kaum noch etwas zu sehen, die Trümmermasse war zumeist schon erkaltet, und nur in drei nordwärts verlaufenden Tälern fand sich noch Bewegung. Um 3 Uhr sah Linke den Krater vor sich. Die östliche Ausbruchsstelle schien die älteste zu sein, es drang hier nur Rauch heraus. Am lebhaftesten war die nördlichste in Tätigkeit, aus der gewaltige Steine wohl 200 *m* hoch geschleudert wurden. Von einem Lavaflusse sah man nichts. Vernichtet, d. h. auf lange Zeit der Kultur entzogen, sind 6 bis 8 *qkm* Waldfläche. Von dem Vulkane geht nach Nord, Nordnordost und Nordnordwest ein zusammenhängendes Geröllmeer aus, das sich von den Ausbruchsstellen 3 bis 4 *km* nach der Küste erstreckt, von der es also noch 9 *km* entfernt ist. Die ausgeworfene Masse wird auf 10 Millionen Tonnen veranschlagt. Anlaß zu ernstlicher Besorgnis gibt der winzige Vulkan nicht.

Infolge wolkiger Nächte sah Linke vom Observatorium zu Apia aus den Feuerschein über Sawaii erst am 5. August. Da die Zahl der täglichen Erdbeben sich vom 2. August an plötzlich verringerte, so muß man annehmen, daß an diesem Tage bereits der erste Ausbruch stattgefunden hat. Die neuen Ausbruchsstellen liegen 25 *km* östlich von dem Vulkane von 1902, der aber in seiner Tätigkeit auf schwache Rauchentwicklung beschränkt geblieben ist.

Die Ergebnisse der neuern Untersuchungen über die mittelamerikanischen und westindischen Vulkanausbrüche (1902 bis 1905) behandelte Prof. K. Sapper auf dem 15. Geographentage (Danzig).[1]) In Mittelamerika folgte auf das große tektonische Beben von Ocós in Guatemala am 18. April 1902 eine lange Reihe vulkanischer Beben; am 10. Mai 1902 trat der Izalco (Salvador) nach fünfzehnmonatlicher Ruhepause wieder in Tätigkeit, Mitte Juli 1902 der Masaya (Nicaragua), am 24./25. Oktober 1902 erfolgte der große Ausbruch des Santa Maria (Guatemala); im Frühjahre 1903 zeigte der Poás (Costarica) Anzeichen stärkerer Tätigkeit; Januar 1904 erfolgte ein Ausbruch des Santa Ana (Salvador), Januar 1905 ein solcher des Momo-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde z. Berlin 1905. Nr. 7.

tombo (Nicaragua). Eine ähnliche Häufung seismischer und vulkanischer Ereignisse hatte in Mittelamerika in den Jahren 1879 auf 1886 stattgefunden. Als wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung nimmt Sapper Krustenbewegungen der Erde an. Auch im Antillengebiete dürfte nach seiner Meinung das fast gleichzeitige Eintreten mehrerer Ausbrüche der Soufrière von St. Vincent und der Montagne Pelée von Martinique auf den Einfluß von Krustenbewegungen zurückzuführen sein, deren erste durch das Guatemalabeben vom 18. April 1902 ausgelöst worden sein mag. Ausführlicher verweilt Sapper bei der Theorie der absteigenden „Glutwolken", die bei den jüngsten Ausbrüchen der Antillenvulkane zum ersten Male eingehend studiert worden sind, und der berühmten Felsnadel des Mont Pelé, einer verfestigten Lavasäule, die durch innern Druck von unten nach oben gepreßt wurde, aber durch Ausbrüche häufig bedeutende Verluste erlitt und nach zehnmonatlichem Bestehen im August 1903 wieder verschwand, um nun durch kleinere Gebilde gleicher Art ersetzt zu werden.

Die Theorie des Vulkanismus behandelte Dr. Löwel in einem Vortrage in der 77. Versammlung deutscher Naturforscher in Meran (1905). Er bemerkte, wie schon das Studium unserer europäischen Vulkangebiete lehre, daß die vulkanische Tätigkeit mit dem Aufbaue der Gebirge nicht das geringste zu schaffen habe. Der Apennin beispielsweise entstand im Miozän, während die aktiven und inaktiven Vulkane Italiens sehr viel jüngern Datums sind. Weiterhin läßt sich feststellen, daß die feuerspeienden Berge an keine bestimmte tektonische Form gebunden sind. Während sie auch auf ganz ungestörten Schollen auftreten, sind sie allerdings am häufigsten an der Stelle starker Dislokationen. Manche Vulkane stehen auf Bruchspalten, auf die sie aber keineswegs beschränkt sind. Tatsächlich muß der vulkanische Auftrieb des Magmas von solcher Art sein, daß ihm auch eine bruchlose Durchlöcherung der Erdrinde zugeschrieben werden darf. Dazu komme, daß keine Vulkanreihe und keine Vulkangruppe gleichzeitig oder gemeinschaftlich zu arbeiten pflegt. Es gibt keine Feuerdisziplin. Vielmehr speit nicht bloß jeder Krater für sich allein, sondern meistens auch in einer Gruppe jeweils bloß einer. Als der Krakatoa explodierte, blieb der übrige Sundaarchipel ruhig, und beim Ausbruche des Mont Pelé haben sich die übrigen Antillenvulkane nicht gerührt. Der Vulkanismus pflegt augenscheinlich bald hier, bald dort die Erde wie mit Stichflammen zu durchlöchern. Diesen Tatsachen gegenüber haben die landläufigen Erklärungsversuche des Vulkanismus völlig versagt. Die alte Lehre, das Magma sei mit Seewasser getränkt, rechnet nur mit ganz seichten Vulkanherden und erklärt nicht den langdauernden ruhigen Erguß nach langen Unterbrechungen. Die verbreitetste Erklärung, nämlich diejenige der Ausquetschung des

Magmas durch sich senkende Schollen, setzt große Spalten voraus und kann insofern leicht widerlegt werden. Auch hängen manche Vulkangebiete keineswegs mit Senkungen, sondern vielmehr mit Hebungen zusammen. Schließlich widerspricht dieser tektonischen Hypothese auch das Regellose im Auftreten und in der Tätigkeit der Vulkane. Die Erklärung des Vulkanismus durch die Aufsprengung von Klüften rechnet ebenfalls mit Spalten. Ebensowenig haltbar sei die Auftriebhypothese Stübels, der alte Magmanester, die sich erhalten haben, mit Vulkannestern, identifizieren will. Am meisten Wahrscheinlichkeit habe noch die Lehre von der magmatischen Aufschmelzung für sich. Ihre Voraussetzung sind regionale Wärmeentwicklungen, aus denen man die Schwellung und Hebung der Magmas erklärt. Eine sprunghafte Wärmeentwicklung sei sehr wohl denkbar. Die Durchlöcherung der Erdrinde durch Stichflammen würde etwa den Protuberanzen der Sonne entsprechen. Die Auflockerung des Magmas würde alsdann bloß eine Begleiterscheinung sein. So ließe es sich erklären, daß die Vulkane nicht an Spalten gebunden und vom Gebirgsbaue unabhängig sind. Soviel die Aufschmelzhypothese für sich hat, so stehen ihr doch auch manche Bedenken, wie z. B. die petrographischen Beziehungen entgegen. Vielleicht sinken die Randteile des Gemenges, die sich am schnellsten abkühlen, abwärts und machen dadurch dem Magma der Tiefe Platz. Jedenfalls stehen wir, wenn man die Aufschmelzungstheorie nicht gelten lassen will, dem Vulkanismus bisher noch völlig ratlos gegenüber.

Inseln.

Die Insel Helgoland. A. Conze gab[1]) eine interessante, durch mehrere sehr instruktive Photographien erläuterte Schilderung des Zustandes der Insel und erörtert die Frage, wie dem Abbröckeln derselben Einhalt zu gebieten sei.

Helgoland ist heute nur noch der kleine Rest einer Insel von ehemals viel größerm Umfange, die allerdings wohl stets die Form eines sich NW.—SO. erstreckenden, gleichschenkligen, gegen NW. sich zuspitzenden Dreieckes gehabt hat. Sie ist heute nur noch 0.59 *qkm* groß, mit 1700 *m* Länge, einer größten Breite von 600 *m* und 4000 *m* Umfang. Das die schmale Südostseite bildende Unterland nimmt nur ein Zehntel der Insel ein. Es wird von dem Oberlande um 50 *m* überragt und gegen die Weststürme vollständig geschützt. Die Felsen des Oberlandes bestehen aus roten Schiefertonen und roten Sandsteinen der Trias, die mit leichter verwitternden Lagen eines weißen Sandsteines wechsellagern. Die Schichten fallen unter einem Winkel von 20° nach NO. ein und brechen allenthalben in steilen Felswänden ab, die insbesonders entlang der Südwestseite von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt sind. Hier

[1]) Zeitschr. f. prakt. Geolog. 1904. August.

ragen die drei bekannten Felsklippen Hengst, Mönch und Nonne als Wahrzeichen der ehemaligen größern Ausdehnung der Insel auf. Sie sind heute vom Festlande isoliert, waren aber noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit diesem verbunden.

Die zerstörende Tätigkeit des Wogenanpralles der Weststürme an der Südwestseite von Helgoland ist allenthalben ersichtlich und oft Gegenstand der Erörterung gewesen. Dennoch ist nach Conze der Angriff der Meeresbrandung durchaus nicht der wesentlichste Faktor in dem Abbröcklungsprozesse der Insel. Eine unvergleichlich wichtigere Rolle spielen Regen, Hitze, Frost und Schneeschmelze. Die Oberfläche der Insel ist teilweise geschützt durch eine Ackerkrume, die wegen ihres hohen Tongehaltes sehr zähe und undurchlässig ist. Aber an der felsigen Kante des Oberlandes üben Regen und Frost ihren verheerenden Einfluß aus. An der Südwestkante der Insel schreitet so die Zerstörung, den Rissen in das Innere des Gesteines folgend, von oben gegen das Meer hinab fort, und wenn der Abbröcklungsprozeß in den obern Partien tief genug vorgedrungen ist, so daß diese ihren Halt mit dem Festlande verlieren, dann lösen sich bei Sturmfluten breite Streifen ab und verschwinden im Meere.

An der nordwestlichen Längsseite, wo der Wogenprall weniger stark ist, verläuft der Zerstörungsprozeß anders. Er wird hier beeinflußt durch das NO. gerichtete Einfallen der Schichten, denen das Sickerwasser folgt. Vor wenigen Jahren ist von dem bebauten Teile des Oberlandes an der Nordostecke eine große Felspartie mit den darauf stehenden Häusern durch die Unterwaschung des Sickerwassers zum Absturze gebracht worden. Ein mächtiges Widerlager aus Ziegelsteinen, das man an dieser Stelle errichtet hat, um dem weitern Umsichgreifen der Zerstörung vorzubeugen, hat sich nicht bewährt, denn ein Teil des Widerlagers hat bereits den Zusammenhang mit dem Felsen verloren, ein sicheres Zeichen, daß der Wasserdruck im Innern des Gesteines an dessen Abspülung und Zerbröcklung weiter arbeitet.

Von besonderer Gefährlichkeit sind die Verwerfungen, deren offenen Sprüngen das Zirkulationswasser folgt, und die dem Abbröcklungsprozesse die besten Angriffspunkte bieten. Nahe der Südwestspitze, unweit von der Stelle, wo die erste Schutzmauer gegen den Wogenprall errichtet wurde, hat sich vor kurzem ein neuer Sprung gebildet, wie behauptet wird infolge der Erschütterung bei dem Abfeuern der schweren Geschütze.

Zur Rettung der Insel genügt nach der Meinung von Conze die Anlage von Schutzmauern gegen den Wogenanprall, auf die man sich bisher beschränkt hat, durchaus nicht, denn das Meer trägt an dem Zerstörungswerke nur einen kleinen Teil der Schuld. Vor allem müssen die in das Innere eindringenden Tagewässer abgefangen werden, was durch Anlage einer Drainage in der tiefen Acker-

krume bei reichlich vorhandenem natürlichen Gefälle leicht und ohne erhebliche Kosten erreicht werden kann. Dann aber handelt es sich darum, die Kante des Oberlandes vor dem zerstörenden Einflusse von Sturm, Regen, Hitze und Frost zu schützen. Conze schlägt vor, die ganze Kante nach Wegsprengung aller unhaltbaren Vorsprünge in einer Breite von 5 bis 6 *m* mit holländischen Klinkern zu pflastern und dieses Pflaster auf der Außenseite durch eine fortlaufende Mauer an Stelle des ursprünglichen Gesteines so weit zu stützen, als der Felsboden sich bereits durch Verwitterung angegriffen zeigt. Es würden 2000 bis 3000 laufende Meter zu pflastern und zu vermauern, also 10000 bis 15000 *cbm* Pflaster und 1500 bis 2000 *qm* Mauerwerk erforderlich sein. Natürlich müssen auf der Südwestseite auch die Hauptverwerfungen durch Schutzmauern gegen den Anprall der Brandungswogen gedeckt werden.

Die Scillyinseln im Südwesten von England, vor dem Eingange zum Kanale, sind trotz ihrer Nähe nur wenig in weitern Kreisen bekannt. M. Lardeur gab in der geographischen Gesellschaft zu Paris eine interessante Schilderung derselben.[1]) Der kleine Archipel zählt 200 Inseln und Inselchen ohne die zur Zeit niedrigen Wasserstandes zutage tretenden Felsen und Sandbänke. Bewohnt sind nur fünf Inseln mit zusammen 1850 Seelen. Der Zugang ist schwierig und gefährlich infolge der geringen Tiefe des Meeres in dem Archipel. Einen Hafen hat nur St. Mary, die Hauptstadt, doch ist er klein und nur für Fischerboote geeignet; die Bai davor kann dagegen große Schiffe aufnehmen. Sonderbarerweise wird von den Bewohnern wenig Fischfang und Schiffahrt betrieben, und es gibt im ganzen nur 25 Barken. Der Fisch-, Langusten- und Hummerfang wird vielmehr von Engländern, Bretonen und Boulognesen ausgeübt. Während langer Jahrhunderte lebten die keltischen Bewohner nur von Strandräuberei, d. h. von den Schiffbrüchen; auf dem Kirchhofe von St. Mary liegen deshalb Vertreter aller möglichen Nationen. Heute sind die Scillyinsulaner friedliche Gartenbauer, und ihrer Heimat ist ein blühender Garten geworden, dank den Bemühungen des Grundherrn der Inseln, Augustus Smith. Er hatte viele Mühe, die Leute zu dieser Tätigkeit zu erziehen, und stieß auf heftigen Widerstand; jetzt sind sie dadurch wohlhabend geworden und zufrieden. Das milde Klima befördert die Kultur prächtiger Blumen, und von Januar bis Ende April bedecken sich alle nach Süden gerichteten Hänge und alle Täler mit Narzissen, Levkojen und andern duftenden Blumen, und in der Höhe der Saison befördert ein Dampfer täglich bis 35 t abgeschnittene Blumen nach Penzance, die in London einen guten Absatz finden. Der Wind ist ein großer Feind dieser Industrie, die Insulaner teilen daher ihre Felder in viele kleine

[1]) La Géographie 1905 Juni; Globus **88** Nr. 11. p. 180.

Quadrate und umschließen sie mit dichten Hecken. Die Blumenzucht nimmt die ganze Tätigkeit der Bewohner in Anspruch. Smith hat sich auf der Insel Tresco aus den Ruinen eines von Cromwell zerstörten Benediktinerklosters ein Schloß eingerichtet und dort einen schönen Park angelegt, in dem auch viele tropische und subtropische Gewächse gedeihen.

Die liparischen Inseln und ihre Vulkane schilderte Dr. Schlee[1]) teilweise auf Grund eigener Anschauung. Obgleich diese Inseln in der Nähe verkehrsreicher Touristenstraßen liegen, werden sie doch vom großen Schwarme der Reisenden nicht besucht. Sie bergen keine besondern archäologischen Merkwürdigkeiten, die Verbindung dorthin ist nicht bequem, und die Unterkunft ziemlich primitiv. Von den Geologen jedoch beschränken viele ihre Studien nicht auf Vesuv und Ätna, sondern lenken ihre Schritte auch zu diesen Inseln, die zwei tätige Vulkane: Stromboli und Vulcano, besitzen.

Der Stromboli wirft alle fünf bis zwanzig Minuten eine Garbe glühender Schlacken aus, die in normalen Zeiten, wenn die Tätigkeit des Berges nicht besonders gesteigert ist, bis zu einer Höhe von 100 oder auch 200 *m* emporsteigt. In ähnlicher Weise ist er schon im Altertume tätig gewesen. Schon damals ist von Seeleuten und Reisenden das prächtige Feuerwerk zur Nachtzeit bewundert worden.

Die Insel Vulcano, die noch jetzt den Namen des römischen Feuergottes trägt, hieß bei den Griechen ganz entsprechend Hiera Hephaistu, die dem Hephästos Heilige, und Thucydides berichtet von ihr: „Die Leute von Lipari bilden sich ein, Hephästos habe auf Hiera seine Schmiede, weil man bei Nachtzeit ein starkes Feuer und bei Tage Rauch von der Insel emporsteigen sieht." Mancher andere Bericht aus dem Altertume, auch aus dem Mittelalter und wieder häufiger aus den letzten Jahrhunderten, bezeugt die fortgesetzte Tätigkeit des Feuerberges. Nachdem dieser dann vom Ende des 18. Jahrhunderts ab etwa 100 Jahre lang Ruhe gehalten und seine Natur nur in kräftigen Dampfausströmungen gezeigt hatte, begann im Jahre 1888 eine zweijährige Ausbruchsperiode. Die Insel Vulcano verwüstend, warf der Berg große Mengen von Aschen und Bomben aus und hat sich damit wieder vollwertig in die Reihe der tätigen Vulkane gestellt. Seit 1890 ist er wieder, wahrscheinlich für längere Zeit, in den Solfatarenzustand zurückgekehrt, der durch Dampf- und Gasausströmungen charakterisiert ist. Auch die andern Inseln des Archipels, der im ganzen sieben größere umfaßt, lassen schon aus ihren Formen auf ihre vulkanische Natur schließen, und diese beweist auch eine Untersuchung ihrer Gesteine. Abgesehen von einzelnen losgerissenen Fetzen kristallinischer Schiefer, welche in Laven und Bomben aus großer Tiefe

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1905. p. 82.

an die Oberfläche gebracht worden sind, findet sich, wie die vor zehn Jahren von Prof. Bergeac ausgeführte geologische Aufnahme ergeben hat, auf allen Inseln kein Stück Gestein, das nicht vulkanischen Ursprunges wäre. Die Inseln sind ganz aus Laven der verschiedensten Zusammensetzung, von Basalten bis zu glasartigen Obsidianströmen, dazu aus mächtigen Tuff- und Bimssteinschichten aufgebaut.

Die ganze Inselgruppe ist demnach aufzufassen als ein ausgedehntes, reich gegliedertes vulkanisches Gebirge, das aus gewaltigen Meerestiefen von 1000 und 1500 *m* in die Höhe gewachsen ist und sich nur mit seinen Gipfeln über die Meeresoberfläche erhebt. Die Inseln gehören zu dem merkwürdigen Kranze von jungen Eruptivbildungen, der sich auf der Ostseite der Appeninkette längs der tyrrhenischen Küste Italiens hinzieht und zweifellos zu der Entstehung dieses jungen Faltengebirges sowohl als zum Einbruche der tyrrhenischen Scholle in Beziehung steht.

Aus der Schilderung von Dr. Schlees Besuch der beiden noch nicht erloschenen Vulkane sei folgendes hervorgehoben:

„Das Dorf S. Vincenzo auf Stromboli wird durch den Gipfel des Berges, der als die Ruine eines ältern erloschenen Vulkanes zu betrachten ist, vor dem Feuerschlunde geschützt, der auf dem nordwestlichen Abhange — etwa 200 *m* unter der Spitze und 700 *m* über dem Meeresspiegel — sein Wesen treibt. Schon im Dorfe und beim Aufstiege hört man in unregelmäßigen Zwischenräumen, durchschnittlich etwa alle Viertelstunden, ein Getöse wie von einem kurz dauernden Donner. Über Felsstufen und Aschenhänge geht es hinaus und oben auf einem Grate entlang zwischen den wildzerrissenen Felsen des Gipfels. Etwas absteigend, gelangt man dann zu einem Platze, von dem aus man das erwartete Schauspiel bequem und gefahrlos genießen kann. Wir brauchen nicht lange zu warten, bis aus der kleinen Krateröffnung, die etwa 50 *m* unterhalb unseres Standpunktes auf dem Aschenabhange liegt, mit donnerähnlichem Getöse, wie aus einem riesigen, senkrecht gestellten Mörser, eine mächtige braunschwarze Aschenwolke aufsteigt. Trotz hellen Sonnenscheines ist deutlich die rote Glut der in die Höhe geschleuderten Lavafetzen zu sehen, die dann prasselnd ringsherum niederfallen. Um das Schauspiel auch bei Nacht zu betrachten, wanderte Dr. Schlee mit seinem Wirte an einem schönen Abende von S. Vincenzo um den Berg herum zu einem geeigneten Beobachtungsplatze, der etwa 400 *m* schräg unterhalb der Ausbruchsöffnung liegt. Ähnlich den Buketts bei einem Feuerwerke sieht man die Feuergarben aufsteigen, gleich darauf hört man den dumpfen Schlag, und dann rollen die glühenden Lavafetzen herab und bedecken den dunklen Aschenhang mit allmählich erlöschenden Lichtern.

Herrlich ist bei günstigem Wetter die Bootfahrt von Lipari nach der Insel Vulcano. Nahe der Bucht, in der man landet, liegen die beim letzten Ausbruche in Schutt gelegten Baulichkeiten einer ehemaligen Borsäure- und Schwefelfabrik. Über harte Tuffe, die von tiefen Schuttrinnen durchfurcht sind, gelangen wir zum Kraterrande hinauf. Überall entströmen dem Boden auf den innern Hängen aus großen und kleinen Löchern heiße Dämpfe, und in den Höhlungen haben sich glitzernde Schwefelkristalle abgesetzt. Beim Losbrechen muß man Vorsicht anwenden, will man sich nicht die Finger verbrennen.

Der Vulcanokrater ist, wie schon gesagt, jetzt im Solfatarenzustande. Die vielbesuchte Solfatara bei Neapel bildet den Typus hierfür und hat den Namen hergegeben. Doch wie viel Großartigkeit, Einsamkeit und Schönheit

hat dieses Bild auf Vulcano vor dem dortigen voraus. An der Solfatara gleich Eingangszoll wie bei einer Jahrmarktsbude, dann preist das zudringlichste Gesindel von ganz Italien seine Führerdienste an und ist nicht loszuwerden. Schuppen und Häuser, Bäume und Sträucher sehen wir auf dem Kraterboden, ausgetretene Fußwege überall, und dort kommt auch wieder eine Equipage hereingefahren! Aber hier ist ringsherum feierliche Stille, nur das leichte Brausen der ausströmenden Dämpfe ist zu hören, kein Grashalm findet sich weit und breit, kein Fußstapfen, denn manchmal mag jetzt in Monaten kein Mensch in diese Einsamkeit hinaufkommen.

Vom Krater steigen wir wieder nach Norden hinunter und wandern noch zu einer dem Inselkörper hier ausgegliederten Halbinsel, welche den Vulcanello trägt, ein flachen Lavadecken aufgesetztes zierliches Modell eines Vulkangebirges, das nur 122 *m* hoch ist und drei deutlich erhaltene Krater besitzt."

Die Inseln des Suaisees in Abessinien.[1]) Der südlich von Adis Àbeba und vom Hauasch gelegene Suaisee, der nördlichste der äthiopischen Seenreihe, war immer mit dem Schleier des Geheimnisses umgeben; zahlreiche Reisende haben seine Ufer berührt, aber die Inseln und ihre Bewohner sind lange unbekannt geblieben. Diese bewahrten sich bis 1894 ihre Unabhängigkeit, die sie dann gegen Menelik einbüßten. Sie unterwarfen sich dem Kaiser, doch führte letzterer den König der Inselgruppe, Alibo, und seine Familie gefangen nach Adis Abeba, weil ihm nicht eine Krone, ein Zepter und ein Thron ausgeliefert worden waren, die nach der Behauptung Alibos von Salomo (?) herstammen sollen, und die Menelik zu besitzen wünschte. Während Graf Wickenburg 1901 von den abessinischen Behörden der Besuch der Inseln verwehrt wurde, hatte Frhr. v. Erlanger im November des vorangehenden Jahres hinüberfahren dürfen. Seine Karte (Zeitschrift d. Berl. Ges. f. Erdkde. 1904, Nr. 2) gibt fünf Inseln an, deren größte er Tullugudo oder Ladjibo nennt. Leider ist v. Erlanger durch seinen frühzeitigen Tod daran verhindert worden, mehr als ein paar Zeilen über den Suaisee mitzuteilen. Unter diesen Umständen sind die Angaben des französischen Journalisten H. Le Roux von Interesse, der im Sommer 1904 die Inseln im Auftrage Meneliks besuchen konnte, nachdem er sich bereits 1901 durch eine beachtenswerte Reise an den obern Blauen Nil bekannt gemacht hatte. Einem allerdings etwas vorsichtig zu behandelnden Auszuge aus Le Roux' Vortrage vor der Pariser geogr. Ges. („La Géogr.," 1905. **11.** p. 66 bis 69) entnehmen wir folgendes: Der Suai ist wahrscheinlich ein Kratersee, jedenfalls aber vulkanischen Urprunges; er ist natronhaltig, und die Ausscheidungen sind oft so reichlich, daß die Fische sterben. Hippopotami sind in Menge vorhanden. Die Tiefe gibt der Reisende auf 80 *m* an. Die drei Hauptinseln liegen im Südwesten; dem westlichen Ufer zunächst erhebt sich Haifut, dann folgt Famat und schließlich Debra-Sion, die größte. (Bei v. Erlanger heißt die größte Insel, wie erwähnt, Tullugudo, die beiden andern nennt er Dabria-Sina oder Debra-Sinai, die mittlere Galida oder Dalila.) Sie tragen schönen

[1]) Globus 1905. p. 402.

üppigen Wald. An Haustieren finden sich nur Ziegen, Schafe und einige Rinder. Die Bevölkerung — durch eine Epidemie auf ein Drittel der frühern Zahl reduziert — beträgt 4000 bis 5000 Seelen und besteht aus zwei Elementen, den Uato und den Guragie.

Der südliche Teil der Westküste von Sumatra ist von Dr. J. Erb untersucht worden.[1]) Nach seinen Ausführungen haben tektonische Vorgänge an der Westküste nicht als Seitenschub wie an der Ostseite, sondern vorwiegend im vertikalen Sinne dislozierend gewirkt. Die Küstenlinie verdankt ihre Entstehung Längsbrüchen oder Bruchsystemen, an denen der Flügel des Indischen Ozeanes absank oder, und zwar wahrscheinlicher, Südsumatra zum letzten Male emportauchte, während gleichzeitig an der Ostküste die pliozänen Gesteine faltend emporgestaut wurden. Die allgemeine Küstenrichtung ist Südost-Nordwest, also parallel zur Generalrichtung der Vulkanzone des zentralen Gebirges, anscheinend parallel zum alten Faltensysteme des Barisangebirges und parallel zur pleistozänen Faltungszone in der Residenz Palembang.

Als Faktoren, welche an der Umgestaltung der allgemeinen Küstengestalt in Südwestsumatra tätig waren und sind, werden vom Verf. in ihren Wirkungen charakterisiert:

1. eine große Zahl dicht benachbarter Flüsse, die nach kurzem Laufe dem Meere eine enorme Menge Geschiebe zuführen;

2. eine gewaltige Brandung, welche die weichen tertiären Gesteine, aber auch die vulkanischen Massen mit Hilfe der Strandgeschiebe stark angreift und abradiert;

3. eine einseitig NW gerichtete Küstenströmung, welche die großen Geschiebemassen aufbereitet und längs der Küste verschleppt.

Diese verschiedenen Faktoren haben eine im allgemeinen sehr ausgeglichene Küste geschaffen, mit weithin gleich gerichteter Küstenlinie; die Vorsprünge sind abgeschliffen, ehemals vorhandene Einbuchtungen mit Geschiebe- oder Sandmassen ausgefüllt.

Südlich von Passar Bintuhan, wo die Flüsse der See nicht mehr soviel Geschiebe zuführen, und die Küste gebuchteter ist, haben sich an vielen Stellen des Strandes riffbildende Korallen angesiedelt. „Das Strandriff bildet aber da nicht einen ununterbrochenen Saum längs der Küste, wahrscheinlich weil auch hier noch zahlreiche Flüßchen eine Menge grober Gerölle der See übergeben. Nur lokal und von lokalen Bedingungen abhängig treten Strandriffe auf, bald in geschützten, fast brandungsfreien Buchten, bald an Stellen stärksten Wellenganges. Überall sind sie vom gleichen Typus. Das Riff lehnt sich an den Strand an und baut sich von ihm 20 bis 100 *m* weit in die See hinaus. Sein Sockel, auf dem es küstenwärts ruht, ist selten entblößt; er muß aber aus festen Agglomeraten

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 4. p. 252.

jungvulkanischer Gesteine oder aus tertiären Ablagerungen bestehen. In einigen Fällen ist die moderne, der See ausgesetzte Rifffläche nur die Fortsetzung von älterm, jetzt über den Seespiegel erhabenem Riffkalke. Bei Flut ist das Strandriff überspült, bei Ebbe liegt der landwärts gelegene Teil, die Plattform, zum größten Teile über See. Was man aber bei diesem Wasserstande gewöhnlich sieht, sind die abgestorbenen Teile des Riffes; die lebende Zone liegt seewärts, am Rande unter der Brandung, und ist deshalb sowohl vom Lande wie von See her unzugänglich.“

Die Falklandinseln. Der Naturforscher Rupert Vallentin hat eine Reihe von Jahren auf der entlegenen Gruppe der Falklandsinseln im südlichsten Amerika zugebracht und dort sowohl die Natur der Landschaft als die der Tier- und Pflanzenwelt beobachtet. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen auf den Falklandsinseln sind die sogenannten „steinernen Flüsse“, die aus langsam fortgleitenden Quarzitblöcken bestehen. Die Ufer dieser „Ströme“ bestehen aus Torf, dessen weiche Beschaffenheit wohl die wesentliche Erklärung für die eigenartige Erscheinung gibt. Vallentin ist zu der Überzeugung gekommen, daß die Steine, die jene „Flüsse“ bilden, sich schon an ihrer Stelle befanden, bevor sich der Torf bildete. Wie der Torf dann mit der Zeit fortgeschwemmt und die eingeschlossenen Steine bloßgelegt wurden, nahmen diese eine Bewegung in der Richtung der größten Neigung des Bodens an. Ganz ähnliche steinerne Flüsse sind übrigens auch aus einigen Teilen des Himalayagebirges bekannt geworden. Im übrigen sind die Falklandsinseln durchaus nicht die trostlose Wüste, als die man sie sich gewöhnlich denkt. An einigen Stellen ist der Pflanzenwuchs ein geradezu üppiger, und die Küsten der Buchten von Westfalkland bieten dem Auge sogar ein überaus reizvolles Bild, wenn die dort reichlich wachsenden Büsche des Falklandbuchsbaumes, eines Gewächses der Gattung Veronica, ihre prächtigen und wundervoll duftenden Blüten tragen. Unter geeigneter Pflege konnten dort an geschützten Stellen die feinsten Gemüse gezogen werden. Mit Rücksicht auf die Tierwelt ist die Ermittlung von Wichtigkeit, daß der Wolf der Falklandsinseln jetzt völlig ausgerottet ist. Damit wird der großen Liste der vom Menschen gänzlich vernichteten Tiere eine neue Nummer hinzugefügt. Für die Wissenschaft ist das Verschwinden jenes Wolfes oder Fuchses, wie er von den dortigen Ansiedlern gewöhnlich genannt wurde, besonders bedauerlich, weil es ein ungewöhnlich interessantes Tier war und außerdem in unsern Museen nur sehr ungenügend vertreten ist. Der Wolf der Falklandsinseln war nämlich nach einer Untersuchung Huxleys nahe verwandt mit dem nordamerikanischen Präriewolfe, während in ganz Mittel- und Südamerika überhaupt keine echten Wölfe leben, so daß das Vorkommen der beiden Vettern in so weit entfernten Gebieten der Wissenschaft

ein schwieriges Rätsel aufgibt. Der letzte seines Geschlechtes soll übrigens schon im Jahre 1876 getötet worden sein. Die häufigsten Wirbeltiere auf den Falklandsinseln sind Vögel und unter ihnen drei Arten von Pinguinen und eine kleinere Art des Albatros, die von den Seeleuten Hallemucke oder auch Eissturmvogel und Falmar genannt wird.[1])

Die Insel Diego Alvarez im südlichen atlantischen Ozeane ist 1904 von Brown (schottische Südpolarexpedition) besucht worden. Sie liegt 500 *km* südöstlich von Tristan da Cunha auf dem mittelatlantischen Höhenrücken, ist 15 *km* lang und 7 bis 8 *km* breit und wird von England als Besitzung in Anspruch genommen. Das wenige von der Insel bisher bekannt Gewordene rührt von den flüchtigen Besuchen englischer Kriegsschiffe her; der Aufenthalt der schottischen Expedition währte auch nur einen Tag, dürfte aber bei der wissenschaftlichen Vorbildung der Mitglieder genügt haben, alle wissenswerten Daten über die kleine Insel aufzuzeichnen. Die Insel ragt steil bis zu 70 *m* Höhe aus dem Meere empor und steigt im nördlichen Teile bis zu 1400 *m* Höhe an; der Steilabfall zur Küste ist völlig mit Vegetation bedeckt, und zahlreiche Wasserfälle stürzen über die steilen Wände bis zu 100 *m* Tiefe in das Meer. Die wildzerrissene Steilküste zeigt die deutlichen Spuren des brandenden Meeres, das gleichzeitig mit der Verwitterung an der Zerstörung der aus vulkanischen Gesteinen aufgebauten Insel arbeitet. An einigen Stellen haben die Wasserläufe tiefe Täler in das Gestein eingesenkt und so leidlich gangbare Zugänge zum Innern der Insel geschaffen. Die außerordentlich dichte Vegetation erschwerte das Vordringen in nicht geringem Maße, große Büschel von Tussockgras wuchsen in den tiefern Lagen, und knorrige Baumvegetation bedeckte die Berge bis zu 700 *m* Höhe; in den feuchten Tälern wucherten Baumfarne, und längs der Wasserläufe und unter den Wasserfällen war alles mit Farnkräutern und Moosen bedeckt. Soweit festgestellt werden konnte, bestand die Flora der Insel aus 17 Arten blühender Pflanzen, 10 Farnkräutern, 10 Laubmoosen, 3 Lebermoosen, 7 Flechten einem Schwamme und verschiedenen kleinen Algen; die Küste zeigte den allen südlichen Inseln eigentümlichen Streifen von Seetang. Die Avifauna zeigte 23 oder 24 Arten, von denen 19 gesammelt wurden; zwei bisher unbekannte Ammerarten und ein prächtig gelbrot schillerndes Wasserhuhn waren die einzigen Landvögel. Das einzige Säugetier der Insel war unsere Hausmaus (mus musculus), welche jedenfalls bei frühern Besuchen der Insel eingeführt worden war und sich stark vermehrt hatte. Eine Anzahl erbeuteter Insekten, darunter Käfer und Fliegen, sind noch nicht bestimmt worden.

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1905. p. 187.

Sowohl Fauna wie auch Flora zeigten große Ähnlichkeit mit denen des benachbarten Tristan da Cunha.[1])

Die Insel Tristan da Cunha. Ungefähr halbwegs zwischen dem Kap der guten Hoffnung und der südamerikanischen Ostküste liegt mitten im Atlantischen Ozeane eine kleine Inselgruppe, deren größtes Eiland den Namen seines Entdeckers Tristan da Cunha trägt. Wie alle Inseln, die sich aus der Tiefsee erheben, ist sie vulkanisch und erhebt sich bis zu 2500 *m* über den Spiegel des Meeres. Die Insel ist reich bewässert, und das Klima angenehm und gesund, die Landung jedoch ziemlich schwierig, auch kommen Stürme nicht selten vor, und gewaltig branden zu Zeiten die Wogen des Ozeanes an den felsigen Gestaden. Das Gesamtareal der Insel beträgt etwa 110 *qkm*. Im Jahre 1811 erklärte ein Amerikaner namens Jonathan Lambert die bis dahin herrenlose Insel für sein Eigentum und siedelte sich mit drei Gefährten auf derselben an. Während Napoleon auf St. Helena lebte, hatte England die Insel besetzt, zog aber 1821 seine Besatzung zurück. Dagegen wurden dem Korporal William Gloß, seiner aus sieben Söhnen und acht Töchtern bestehenden Familie und zwei Matrosen die Erlaubnis erteilt, sich dauernd auf der Insel niederzulassen. Gloß lebte noch im Jahre 1852, und nach dem Berichte des Kriegsschiffes Herald bestand damals die Niederlassung aus neun Familien mit zusammen 85 Personen. Gloß war anerkanntes Oberhaupt der Gemeinschaft, und nach seinem Tode folgte ihm in dieser Eigenschaft Peter Green, der vor wenigen Jahren in hohem Alter starb. Im Januar 1903 wurde die Insel von dem britischen Kriegsschiffe Thrush besucht, das den Auftrag hatte, sich nach den Ansiedlern umzusehen. Kapitän z. S. Meuß gibt eine Zusammenstellung des Wesentlichsten aus den Befunden. Hiernach ist die Insel recht fruchtbar; es gedeihen dort alle europäischen Kulturpflanzen, als Feldfrucht wird aber nur die Kartoffel gepflanzt, da die von einem gestrandeten Schiffe eingeführten Ratten den Körnerfruchtbau unmöglich machen. Gegen diese Rattenplage ist auf Tristan da Cunha ebensowenig wie auf St. Helena anzukommen. Auf den saftigen Weideplätzen sieht man Herden von Rindern, Eseln und Schafen, und als Haustiere werden Schweine sowie Geflügel verschiedener Art gehalten. Die Mehrzahl der Inselbewohner ist weiß, obgleich sonngebräunt. Einige verraten Anzeichen von Negerblut, besonders Angehörige der ältern Generation. Die Kinder waren sämtlich wohlgenährt, reinlich und gut gekleidet. Die Männer betreiben Ackerbau, Viehzucht und Fischfang, Handel mit gelegentlich vorbeikommenden Schiffen und sind geübte Bootsführer und Schwimmer. Alle Kleiderstoffe müssen von außen bezogen werden. Nach Greens Tode wird ein Oberhaupt nicht mehr

[1]) Scott. Geogr. Journ. 1905. p. 430. Geogr. Zeitschr. 1905. p. 531.

anerkannt, ein Geistlicher ist auch nicht auf der Insel ansässig, aber allenthalben herrscht Friede und Eintracht unter den Bewohnern, deren Anzahl 75 in 19 Familien beträgt. Sie erfreuen sich ausnahmslos der besten Gesundheit. Zu Eheschließungen und Taufen ist der Kommandant des gelegentlich die Insel besuchenden englischen Kriegsschiffes ermächtigt. Der früher sehr einträgliche Walfischfang in der Nähe der Insel verschaffte den Inselbewohnern durch Tausch die ihnen fehlenden Lebensbedürfnisse, seitdem er zurückgegangen, herrscht bei den Bewohnern der Insel zeitweilig Not.

Die Marcusinsel.[1]) Die im nördlichen Teile des Großen Ozeanes nordöstlich von den Marianen gelegene kleine Marcusinsel, deren lange Zeit unsichere Lage erst 1874 von der „Tuscarora“ bestimmt wurde, die aber sonst ganz unbekannt geblieben war, ist im Jahre 1902 von W. A. Bryan vom Bishopmuseum in Honolulu geologisch, zoologisch und botanisch untersucht worden. Über die erste Entdeckung und Benennung der Insel, welche auf den Karten auch Weeks Island heißt, ist nichts Gewisses bekannt, und man erinnerte sich ihrer erst wieder, als dort von den Amerikanern Guano aufgefunden und ausgebeutet wurde, und infolgedessen ein Streit zwischen Japan und den Vereinigten Staaten entstand. Dieser ist zugunsten letzterer entschieden worden, und Bryan machte seine Reise an Bord eines amerikanischen Guanoschiffes. Die Gestalt von Marcus-Island ist ungefähr die eines Dreieckes, dessen längste Seite 3 *km* mißt. An den Ecken ist sie am höchsten; die höchste Stelle mit 22 *m* liegt am Nordende. Das umgebende Riff zeigt den gewöhnlichen Charakter; es ist vielfach unterbrochen, doch gibt es nur zwei eigentliche Passagen. Die Küsten bilden Korallensand und Geröll, mit großen Blöcken von Korallenfels, teilweise in beträchtlicher Höhe über der See. Auch ein sehr festes altes Strandkonglomerat wurde beobachtet, das zum Teile aus demselben Materiale bestand, zum Teile aus mit Sand gemischtem Humus. Diese Stellen sind gewöhnlich dicht bewaldet. Einige kleine Niederungen sind offenbar die Überreste einer Lagune, um die die Insel sich aufgebaut hat. Daß sie ein altes, gehobenes Atoll ist, wird auch durch stufen- und bankähnliche Strandlinien an der Ostseite, durch erhöhte Inseln freiliegenden Korallenkalkes und durch zerstreute große Blöcke aus demselben Materiale erwiesen.

Die Insel Nuischima. Am 14. November 1904 wurden die Bewohner der Insel Iwo, einer der kleinen südjapanischen Inseln, in der Nähe der Bonininseln gelegen, durch ein dumpfes, explosionsartiges Geräusch erschreckt, das vom Meere her zu kommen schien. Vierzehn Tage später wurde etwa drei Seemeilen südlich von Iwo

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie **27**. p. 140.

eine mächtige Rauchsäule bemerkt, die aus dem Meere aufstieg. Die Bewohner der Insel glaubten zunächst, daß der Rauch von einem Kriegsschiffe stamme, doch war ein solches nicht zu bemerken, und die Menge des Rauches nahm derartig zu, daß die See zu brennen schien. Auch in den nächsten Tagen dauerte die Erscheinung fort. Da tauchte am 5. Dezember mitten im Rauch ein kleines Eiland auf, und am 8. Dezember schien es, als ob es drei Inseln wären. Allmählich nahm der Rauch, der ursprünglich nur schwarz und weiß gewesen war, verschiedene Farben an bis zum lebhaftesten Rot. Am 12. Dezember wurde eine einzige größere Insel gesehen, und man glaubte zu beobachten, wie sie sich aus der Flut emporhob. Im Osten zeigte sie sich hügelartig erhöht und gegen Westen hin allmählich abfallend. Vom 14. Dezember bis 2. Januar 1905 veränderte sich das Profil der Insel ständig weiter; im besondern hob sich die Westseite immer mehr. In der Mitte stiegen fortgesetzt ungeheure Rauchmengen in die Höhe, die in der Farbe zwischen weiß und schwarz wechselten. Die Insulaner von Iwo, die den größten Teil des Tages an der Küste verbrachten, um das Schauspiel zu sehen, wurden immer neugieriger, und zehn Mann von ihnen entschlossen sich schließlich, eine Forschungsreise nach dem mysteriösen Eiland zu unternehmen. Mit einem größern Boot und einem Kahn legten sie zunächst an der kleinen Insel Süd-Iwo an, die unbewohnt ist. Hier fanden sie den Boden von der letzten Eruption her mit einer Schicht Asche bedeckt, die das Gras verbrannt hatte. Am 1. Februar endlich näherten sie sich der neu erstandenen vulkanischen Insel und landeten auf ihr. Sie erstiegen schließlich deren höchsten Punkt und pflanzten hier auf einer Stange die japanische Flagge auf. Den Umfang der Insel schätzten sie auf etwa 2¾ Meilen und ihre Höhe auf etwa 150 *m*. Die Entdeckung wurde später der japanischen Regierung auf der Insel Bonin gemeldet, und diese hat die neue Insel Nuischima getauft. Indessen hat diese neue Insel keinen Bestand, denn sie ist seit Anfang 1905 wieder im Verschwinden begriffen und wahrscheinlich heute schon versunken[1]).

Die Bonininseln liegen auf einer meridionalen Vulkanspalte, der „Magna Fossa" Naumanns, die Nippon durchsetzt und auf der auch der bekannte Fujijama liegt, nach dem sie als Fujizone benannt wird. Katastrophen sind hier nicht allzu selten gewesen; so ist der furchtbare Ausbruch des Bandai (nördlich des Fujijama) vom Jahre 1888 zu nennen. Den südlichen Endpunkt der Fujizone bezeichnen die deutschen Marianen. Auch auf ihnen haben wohl noch in verhältnismäßig neuer Zeit vulkanische Veränderungen stattgefunden, wie man aus dem Mangel an Übereinstimmung älterer Seekarten mit neuern Aufnahmen schließen darf.[2])

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie.
[2]) Globus 1905. p. 387.

Die Marianen schildert auf Grund eigener Anschauung Hermann H. L. W. Costenoble.[1]) Ihr Areal umfaßt 1140 *qkm*, wovon 500 *qkm* auf das amerikanische Guam entfallen, der Rest ist deutscher Besitz. Die Reihenfolge der Inseln von Nord nach Süd ist folgende:

Farallon de Pajaros, Uraccas, Assumption, Agrigan (32 *qkm* ältere Messung), Pagan (100 *qkm* a. M.), Alamagan (8 *qkm* a. M.), Guguan, Sariguan, Anatachan, Farallon de Medinilla, Saipan (180 *qkm* a. M., aber nur etwa 130 *qkm* neue Messung), Tinian (130 *qkm* a. M., aber nur etwa 90 *qkm* n. M.), Agujan, Rota (114 *qkm* a. M.), Guam (514 *qkm*).

Saipan, die deutsche Hauptinsel, ist etwas über 22 *km* lang, 11 *km* breit und hat einen Umfang von 60 *km*. Tinian liegt von ihr nur drei Seemeilen entfernt, so daß man mit bloßem Auge Vieh und Menschen von Saipans Südspitze aus deutlich erkennen kann. Nicht viel weiter wiederum liegt Agujan von Tinian. Das im Norden gelegene Uraccas besteht aus drei kleinen, nahe beieinanderliegenden Inseln, wohl den Randresten eines versunkenen Kraters. Alle übrigen Inseln aber liegen weiter auseinander, so daß man nur bei klarem Wetter die Umrisse der einen von der andern aus sieht.

Einige der Marianen sind im Laufe der Jahrhunderte verschwunden, vielleicht wieder untergetaucht. Sicher ist dies wenigstens von der Zealandia-Bank, die zwischen Sariguan und Guguan lag. Ebenso ist die westlich von Guam gelegene Insel Anson untergegangen, und zwar samt einer Kanakenbevölkerung von etwa 100 Seelen, welche früher in regem Verkehre mit der Insel Jap gestanden hatte.

Ihre Entstehung verdanken die Marianen zweifellos einer gewaltigen Erdspalte, die sich von Guam bis Japan erstreckt, und der sie, wie die nördlich von ihnen gelegenen Volcanos- und Bonininseln, bis über das Meer empor entquollen sind.

Die nördliche Gruppe besteht auch lediglich aus vulkanischem Gesteine, und ihre Inseln, die mit Anatachan schließen, steigen entweder ganz in der Form der Vulkankegel empor oder werden doch von solchen überragt, während Schlacken, Aschen und Lava sie bedecken. Sämtliche noch in Tätigkeit befindliche Vulkane liegen auf den Inseln dieser nördlichen Gruppe. Dagegen sind allem Anscheine nach die Südinseln, nämlich Guam, Rota, Agujan, Tinian, Saipan und Medinilla, nicht nur wesentlich langsamer emporgestiegen, sondern es haben zu jener Zeit der Neubildung offenbar auch größere Pausen zwischen den einzelnen unterseeischen Ausbrüchen geherrscht. Denn die ganze Südgruppe ist bis auf die höchsten Erhebungen mit Madreporenkalk überkleidet, der oft Bänke von mächtiger Höhe bildet, die der Landschaft dieser Inseln ihren eigenartigen, oft wildromantischen Reiz verleihen.

---

[1]) Globus **88**. p. 4.

Häufige Erdstöße, die aber durchschnittlich viel geringere Stärke aufweisen wie die gleichen Erscheinungen in Japan, erinnern an die vulkanische Entstehung der Marianen. Sie mahnen aber auch den Siedler daran, daß er hier nicht den Bau von steinernen Gebäuden unternehmen sollte, die zuerst und fast stets allein den Erdbeben erliegen, sondern nach dem Beispiele der hierin erfahrenen Japaner dem Holzbaue den Vorzug geben muß.

Rota ist sehr malerisch und hat genügend Wasser, Tinian ist flach und etwas wasserarm, Saipan, die deutsche Hauptinsel, wird von Norden nach Süden von einer in dem Berge Tapachao bis 550 *m* ansteigenden Gebirgskette durchzogen, die nach Süden zu allmählich in niederes Land mit sanften Erhebungen übergeht. Westwärts fällt das Gebirge schnell in eine breite Ebene ab, die von einer weiten Korallenbank umsäumt wird; ostwärts neigt es sich langsamer. Die Westseite, also die Ebene, ist nicht wasserreich. Sie hat zwei wirkliche Bäche mit Süßwasser im nördlichen Teile, einen Brackwasserlauf etwa in der Mitte, wo auch noch einige unbedeutende Quellen mit süßem Wasser entspringen, um sich sofort wieder in den Boden zu verlieren, und endlich zwei Brackwasserlagunen im Süden. Wasserreicher ist dagegen der (landwirtschaftlich viel geringwertigere) Osten von Saipan, und zwar vom Süd- bis nahe an das Nordende der Insel. Sieben Bäche und eine ganze Anzahl starker Quellen fließen hier auch während der längsten Trockenzeiten.

Korallenriffe umgeben einen Teil der Küsten aller dieser Südinseln, und ihre Häfen werden durch Einschnitte in diese Riffe gebildet. Saipan hat zwei solche, freilich minderwertige Häfen, nämlich den im Westen gelegenen und durch die kleine einige Quadratmeter messende Riffinsel Managana wenig geschützten Tanapaghafen (in den aber größere Schiffe der zu flachen Einfahrt wegen nicht einlaufen können) und den auch nicht bessern bisher unbenutzten Hafen von Laula (die Magiciennebai der Seekarte) im Süden.

Die Temperatur zeigt Schwankungen von etwa 16°. Von 20° im Nordwinter steigt sie bis 36° im Sommer, wenigstens auf der Westseite von Saipan, während der Osten nicht die gleichen hohen Erwärmungen kennt. Er ist eben am stärksten den Winden ausgesetzt und fast vollständig bewaldet.

Das Klima der Marianen ist tropisch, aber durch die starke Wirkung der Seebrisen äußerst gemildert.

Vom Januar bis Juni weht meist Nordostwind, der klares Wetter mit geringen Regenfällen zur Folge hat. Vom Juli bis Dezember herrschen Ostwind, Südwind und Südwestwind vor, die reichliche Niederschläge bringen, zuweilen aber, besonders in den Monaten Juli bis Oktober, in jene gefürchteten Stürme der Südsee, die Taifune, ausarten. Dann stürmt in gewaltigen Wogen die See gegen das Land und überflutet dessen niedrigere Teile; wolkenbruchartig, aber fast wagerecht durch den Sturm getrieben, gießen gewaltige Fluten

vom Himmel herab, unaufhörlich kracht und prasselt es im Walde, wo die fallenden Äste und stürzenden Bäume der Kraft des Unwetters erliegen. Die Bäche wie die toten Bachläufe füllen sich in wenigen Minuten zu rauschenden Strömen, die Felsblöcke und Baumstämme zum Meere tragen.

Die Flora der Marianen ist ziemlich reichhaltig und weist malaiisch-asiatischen Charakter auf. Dichter Wald bedeckt einen großen Teil der Inseln, und zwar bis hinauf auf die höchsten Erhebungen, zuweilen unterbrochen durch ausgedehnte Savannen mit oft übermannshohem, kaum durchdringlichem Graswuchse.

Die Tierwelt der Marianen ist arm an Arten, aber reich an Individuen. Die Säugetiere sind nur durch wenige Spezies vertreten. Eine Plage der Inseln bilden die zahlreichen Ratten.

Aufbau und Entstehung der Aldabrainsel behandelte Voeltzkow.[1]) Die nordwestlich von Madagaskar zwischen den Seychellen und Komoren gelegene Insel Aldabra ist ein echtes Atoll und besitzt eine schmalovale Gestalt mit westöstlich gerichteter langer Achse. Das Festland der Insel stellt einen fast vollständig geschlossenen Ring dar und besteht aus einem homogenen, dichten, harten Kalksteine, der nur an wenigen Punkten von kleinen Partien von Korallenkalk bedeckt ist, die augenscheinlich Reste einer einst weiter ausgedehnten Korallenbank darstellen. Während der Flut ragt das Festland ca. 3 bis 4 *m* aus dem Meere hervor und wird nach außen von einem beiläufig 4 bis 5 *m* hohen, senkrechten Absturze begrenzt. Die Insel, die wie abradiert aussieht, ist wenig bewaldet und zeigt meist eine nackte, felsige Oberfläche mit schüsselförmigen Aushöhlungen, die durch scharfe Grate getrennt sind. Der Absturz gegen das Meer ist überall ausgehöhlt und tief unterwaschen. Diese Unterwaschungen reichen bisweilen 10 *m* nach innen, so daß der Rand der Insel an solchen Stellen nur aus einer überhängenden Kalkplatte gebildet wird. Vielfach findet man auch abgestürzte Partien. An dieses konstant über dem Meeresspiegel gelegene Land schließt sich nach außen eine ebene Fläche, welche während der Flut einige Meter unter Wasser liegt, während der Ebbe aber trocken ist und gegen das Meer zu ebenfalls mit einem steilen, 4 bis 6 *m* hohen und unterwaschenen Absturze abbricht. (Äußere Rifffläche.) Es folgt nun eine dritte Fläche, die aber nicht mehr horizontal, sondern flach nach außen geneigt ist und in einer Tiefe von beiläufig 100 *m* steil in große Tiefen abstürzt (Abhang.) Die äußere Rifffläche ist ohne Korallenwuchs, dagegen ist der anschließende Abhang mit Korallen bedeckt, die namentlich an der westlichen Seite üppig gedeihen.

---

[1]) Abhandlung herausgegeben v. d. Senkenbergschen naturforschenden Gesellschaft. **26**. p. 467; Referat von Fuchs in den Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien 1905. p. 182, woraus oben der Text.

Die Lagune der Insel ist sehr seicht und mit einem feinen, zarten Kalkschlamme erfüllt der bei jedem stärkern Winde aufgewühlt wird und das Wasser der Lagune milchig trübt. Bei Ebbe liegt der größte Teil der Lagune trocken, und bleibt das Wasser nur in dem Kanale zurück, durch den von Westen her die Flutströmungen mit großer Gewalt ein- und ausfließen und der augenscheinlich durch eben diese Strömungen erzeugt worden ist und durch dieselben offen gehalten wird.

In der Lagune findet man noch zahlreiche „Pilzinseln", die genau die Höhe der äußern Riffflächen besitzen und aus demselben dichten Kalksteine bestehen wie das Festland.

Infolge der ungünstigen Lebensverhältnisse ist das Tierleben der Lagune ein äußerst spärliches, doch finden sich an einigen Stellen Mangrovedickichte, sowie Seegraswiesen, in denen sich zahlreiche Schildkröten aufhalten. In dem tiefern Kanale findet man hier und da Korallenstöcke, namentlich Heliopora coerulea.

Geht schon aus der bisherigen Darstellung hervor, daß das Aldabraatoll unmöglich einen aus der Tiefe emporgewachsenen Korallenbau oder überhaupt einen Korallenbau darstellen könne, so wird dies durch die mikroskopische Untersuchung des Kalksteines, der den Grundstock der Insel bildet, vollkommen erwiesen.

Die mikroskopische Untersuchung zahlreicher von den verschiedensten Stellen des Riffes entnommener Gesteinsproben ergab nämlich übereinstimmend das unerwartete und überraschende Resultat, daß dieser dichte, harte Kalkstein, der das Festland der Insel, die beiden Terrassen, mithin den ganzen Körper der Insel bildet, ausschließlich aus Coccolithen besteht. Von größern Foraminiferen oder von irgend einem Detritus anderer Meerestiere findet sich dazwischen keine Spur. Makroskopische Reste von Molluskenschalen sind nur äußerst selten anzutreffen. Das Ganze ist, wie der Verfasser sich ausdrückt, eine „Reinkultur von Coccolithen". In den äußern Gesteinsschichten sind die Coccolithen vollkommen durch Kalkspat zementiert, und das Gestein ist daher härter, weiter im Innern ist die Verbindung eine lockere und das Gestein infolgedessen weicher. Zerreibt man das Gestein in Wasser, so erhält man die Coccolithen isoliert in ausgezeichneter Erhaltung, und zeigen dieselben dann in destilliertem Wasser eine eigentümliche Wimmelbewegung, die jedoch in gewöhnlichem Wasser nicht auftritt.

Behandelt man Coccolithen mit einer schwachen Säure, so wird aller kohlensaure Kalk aufgelöst, doch bleibt trotzdem ein Korn zurück, welches ganz die Form der Coccolithen zeigt und nur um ein weniges kleiner ist. Dieses Korn kann natürlich nur aus einer sehr resistenten organischen Substanz bestehen.

Der Verfasser gibt nun eine sehr erschöpfende und detaillierte Darstellung des dermaligen Standes der Coccolithenfrage und schließt sich hierbei namentlich der Auffassung Dixons an, der in den einzelnen

Coccolithen und Rhabdolithen selbständige Organismen, in den Coccosphären und Rhabdosphären aber gewissermaßen Kolonien von solchen sieht. Er nimmt dabei ferner an, daß diese Coccolithen in der Litoralregion auf Algen und Seegras leben und nur zufällig durch Wind und Strömungen in den offenen Ozean getrieben würden, lauter Anschauungen, die gegenwärtig wohl gänzlich obsolet sind und nur mehr historischen Wert besitzen.

Ein ganz ähnliches weißes Coccolithengestein kommt auch in weiter Erstreckung an der Westküste von Madagaskar vor, doch ist dasselbe hier mehr weich und kreideartig.

Nach allem Vorhergehenden kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß die Aldabrainsel ihre jetzige äußere Form hauptsächlich den zerstörenden Kräften des Meeres verdankt.

Die Lagune ist zweifellos durch Auswaschung entstanden, wie die „Pilzinseln" derselben als übrig gebliebene „Zeugen" unwiderleglich beweisen. Die äußern teilweise submarinen Terrassen aber sind einfache Abrasionserscheinungen.

Die zerstörenden Kräfte, welche die jetzige Gestalt der Insel schufen, setzen ihre Tätigkeit offenbar auch jetzt noch fort, und es muß einmal eine Zeit kommen, in der die Insel vollkommen verschwunden und von ihr nichts übrig geblieben sein wird als ein unterseeischer Sumpf. Sobald die Insel so weit abgetragen ist, daß bei Stürmen nur wenig Detritus mehr gebildet wird, werden sich auf ihrer Oberfläche abermals Korallen ansiedeln, und die so gebildete Korallenbank wird den Stumpf vor weiterer Zerstörung schützen.

Stellen wir uns vor, daß dieser Stumpf abermals über die Meeresfläche gehoben würde, so würden sofort wieder die zerstörenden Kräfte einsetzen. Das Innere der Insel würde zuerst wohl durch die Regengüsse, später aber durch die ein- und ausströmenden Flutwellen zur Lagune ausgehöhlt werden, während von außen durch die Brandung die vorbesprochenen Terrassen von neuem hergestellt würden. Wir hätten dann wieder ein Atoll vor uns, welches nach außen terrassenartig abfällt und aus einem Coccolithengesteine besteht, dem nur hier und da Reste einer Korallenbank aufgesetzt sind.

Das Atoll Oleaï schildert H. Seidel.[1]) Das Zwillingsatoll Oleaï, auch Ulië oder Wolea genannt, liegt unter 7° 22 nördl. Br. und 143° 55° östl. L. v. Gr. und besteht aus einer größern West- und einer um die Hälfte kleinern Ostlagune, die beide nach Süden, beziehungsweise Südwesten offen sind. Auf den Riffbögen zählt man über 20 Teilinseln, von denen fünf das östliche Becken umranden, während die übrigen der geräumigern Westlagune zugehören. Für letztere ist seit Lütkes Aufnahme im April 1828 wenig geleistet worden.

---

[1]) Umlauft, Rundschau f. Geographie 1905. **27**. p. 97.

Selbst unsere jüngste Admiralitätskarte bringt auf ihrem Plane in 1 : 35 000 kaum mehr als ein unverändertes Abbild der Zeichnung des Leutnants Sawalischin, der durch ausgedehnte Kanufahrten die Form des Riffes und seiner Inseln bestimmt und eine Reihe von Tiefen gemessen hat. Diese gehen bis zu 40 und 44 *m* hinab, vermindern sich jedoch zusehends gegen Süden und Südosten, wo Flachwasser und Korallenbänke den Verlauf des hier untergetauchten Atollrandes andeuten. Bei Tage wird derselbe schon an der hellern Färbung des Meeres erkannt, die sofort zur Vorsicht mahnt, selbst wenn die warnende Stimme der Brandung zufällig nicht ertönt. Auch der Weg in die Ostlagune zeigt sich durch peripherische Riffmassen gesperrt, die aber zwei brauchbare Passagen freilassen, welche zu beiden Seiten des Eilandes Motogosu vorbeiführen. Am empfehlenswertesten ist die östliche oder der Raurkanal, so genannt nach der ersten Insel auf dem äußern Zoophytenwalle, unter deren Schutz die Schiffe gewöhnlich ankern. Kanal und Lagune wurden im Januar 1876 von der deutschen Korvette „Hertha“ bei Gelegenheit eines zweieinhalbtägigen Aufenthaltes durchlotet und die Darstellung der Teilinseln korrigiert, deren bedeutendste, Oleaï, bei Sawalischin zu stark in die Länge gezogen ist.

Oleaï wird gern als typisches Beispiel für das zuerst von Beechey ausgesprochene Gesetz zitiert, daß die Atolle unter dem Winde allgemein schwächer und zerrissener seien als auf der Gegenseite, wo den Polypen durch Strom und Brandung fortgesetzt reichlichere Nahrung zugebracht werde. Allein schon Darwin hat dies Gesetz einigermaßen beschränkt und auf die mancherlei Ausnahmen verwiesen, denen es in allen Teilen der Korallenmeere unterliegt. Auch in den Karolinen gibt es dieser Ausnahmen nicht wenige.

Aus dem Westkranze Oleaïs bleibt noch eine Teilinsel mit bogig eingeknickter Basis zu erwähnen, die seit Sawalischin auf allen Karten verzeichnet ist, aber damals wie jetzt ohne Namen. Ferner muß an Falalis erinnert werden, das ziemlich isoliert auf sichelförmigem Riffe liegt. Es ist besiedelt und wiederholt in Gestalt und Größe etwa Saliap und Ulemari, ihm nördlich gegenüber. Durch die Lücke zwischen Falalis und Raur ist die Lagune in bedenklichem Maße dem Südwestmonsune ausgesetzt, der von Mitte Juli bis Anfang November zu herrschen pflegt. Er wird gelegentlich und dann zumeist gegen sein Ende von heftigen Stürmen unterbrochen, die oftmals so ausarten, daß die See über die niedrigen Inseln hinwegrast und die Eingeborenen auf die Bäume verscheucht

Von sämtlichen Teilinseln der Gruppe, zu der Oleaï gehört, sind heute nach Dr. Born und Senfft nicht mehr als acht dauernd bewohnt. Diese heißen Raur, Paliau, Oleaï, Marijong, Tagaulap, Saliap, Utagal oder Ulemari und Falalis. Indes vermerkt unsere Seekarte, sowie ein Karton zu Blatt 29 im „Großen deutschen Kolonialatlas“ noch auf Fareiles und Jalangigereil, beziehungsweise auf den Inselchen

von Elingarik bis Luisaga einzelne Wohnstätten, die jetzt vielleicht nur vorübergehend benutzt werden. Zu Lütkes Zeit waren selbst diese bescheidenen Sandflecke ständig besiedelt.

Die Tiefbohrungen auf der Koralleninsel Funafuti, die auf Veranlassung der Royal Society in London 1896 bis 1898 ausgeführt wurden, um die Hyothese Darwins über die Entstehung der Koralleninseln einer entscheidenden Prüfung zu unterziehen, haben zu wichtigen Ergebnissen geführt. Über dieselben ist jetzt ein Bericht erschienen[1]), dessen hauptsächlichsten Inhalt Prof. Diener in den Mitteilungen der K. K. geogr. Ges. in Wien[2]) resumiert. Hiernach ist Funafuti ein typisches Atoll, das sich als ein isolierter Bergkegel 17 000 Fuß aus den Tiefen des Ozeanes erhebt im Umrisse eines ungleichmäßigen Viereckes mit NNO bis SSW gerichteter großer Achse. Die gleiche Richtung der Längenachse findet sich bei den meisten Atollen der Ellicegruppe und sehr vielen andern Atollen des Stillen Ozeanes und wurde von Kraemer auf die herrschenden Windrichtungen zurückgeführt. Indessen herrschen auf Funafuti vom März bis November SO - Passate, vom Dezember bis Februar NW-Monsune, die Hauptachse von Funafuti ist daher fast rechtwinklig zu der herrschenden Windrichtung. Die Bohrung wurde bis zu einer Tiefe von 1114.5 engl. Fuß getrieben. Nach den Angaben von Prof. Judd war das Gestein bis 748 Fuß Tiefe sehr wenig fest, so daß nur 0.1 der Bohrkerne als fester Kalksteine erhalten wurde. Das tiefste Drittel der Bohrung verlief in festem Kalksteine oder Dolomit. Nirgends wurde eine Spur von Bimsstein oder von vulkanischer Asche angetroffen. Zwei Regionen innerhalb des Bereiches der Bohrung waren durch hohen Magnesiagehalt ausgezeichnet, die eine nahe der Oberfläche (10 bis 35 Fuß) zeigte einen Gehalt von 9 bis 16% Magnesiumkarbonat, die andere, viel ausgedehntere, in der Tiefe von 637 bis 1114 Fuß solchen von 35 bis 40%. Das Gestein in der Tiefe des Bohrloches ist daher als ein Dolomit zu verzeichnen. Über die Ursache der Dolomitisierung des Riffkalkes ist eine befriedigende Erklärung noch ausständig.

Der Kalk und Dolomit des Atolls ist ausschließlich organogenes Sediment. Allenthalben findet man in demselben die Reste von Foraminiferenschalen, Kalkalgen und Korallen, daneben Seeigelstacheln, Annelidenröhren, Krebspanzer, Spongiennadeln, Schnecken- und Muschelschalen. Die Zwischenräume zwischen den Bruchstücken der noch als solche erkennbaren organischen Reste sind ausgefüllt mit kristallinischem Kalkspat oder Dolomit. Viele organische Fragmente sind nach der Zementierung aufgelöst worden, und an

---

[1]) The Atoll of Funafuti. Borings into a coral reef and the results. Being a report of the Coral reef committee of the Royal Society, London 1904.

[2]) 1905. p. 117 ff.

ihrer Stelle treten Hohlräume im Gesteine auf. Am meisten sind die Korallen von dieser Auflösung betroffen worden. In größerer Tiefe als 180 Fuß sind ihre Kelche fast durchwegs zerstört und nur Ausgüsse derselben als Steinkerne erhalten geblieben. Von der Oberfläche bis 150 Fuß Tiefe ist nur ungefähr ein Fünftel des Riffkalkes Korallenkalk im strengsten Sinne, nämlich bloß aus Korallensediment bestehend. Vier Fünftel sind Lithothamnionkalk und Foraminiferensediment.

Der englische Bericht gibt nur die Tatsachen, ohne Schlußfolgerungen für oder gegen die Darwinsche Korallenrifftheorie zu ziehen. Prof. Diener bemerkt aber: „Eine Mächtigkeit des Riffkalkes von über 300 *m* erscheint durch die Bohrung erwiesen. Noch an der Zusammensetzung der tiefsten Lagen des Riffkalkes sind Korallen beteiligt, die nur bis zu einer Tiefe von 30 Faden leben können. Die Ansicht, daß das Korallenriff nur eine dünne Kruste des eigentlichen vulkanischen Atollkernes bilde, erscheint vollständig widerlegt, und die Darwinsche Hypothese, die die Entstehung der Atolle durch eine langsame positive Bewegung der Strandlinie erklärt, wieder zu Ehren gebracht. Der Nachweis, daß die Riffkorallen an dem Aufbaue der Atolle nicht den Hauptanteil nehmen, sondern als Sedimentbildner hinter den Kalkalgen und Foraminiferen zurückstehen, bestätigt die Erfahrungen der holländischen Sibogaexpedition in der Sundasee, die den innigen Zusammenhang von Algen- und Korallenriffen kennen gelehrt haben."

Das Meer.

Färbung der Meeresoberfläche. Über eine eigenartige Erscheinung im Indischen Ozeane wird von dem Dampfer Numantia der Hamburg-Amerika-Linie folgendes berichtet: „Am 6. August in ca. 11½° nördl. Breite und 60° östl. Länge gegen 8h nachmittags färbte sich das Wasser allmählich innerhalb einer Viertelstunde weiß, so daß man schließlich in Milch zu fahren schien. Diese Färbung des Wassers hielt ca. 5 Stunden bis zum Aufgange des Mondes an. Ich habe bisher erst einmal in meinem Leben eine gleiche Erscheinung bemerkt; es war im August des Jahres 1888 unter der Küste von Java. Damals hatten wir kurz vorher ein Seebeben gehabt und meinten, die Erscheinung rühre daher. Interessant wurde die jetzige Erscheinung auch dadurch, daß eine Unmasse fliegender Fische an Bord kam."

Tiefseeforschungen im Großen Ozeane. Seit Oktober 1904 ist Prof. Alexander Agassiz an Bord des Fischereidampfers „Albatroß" auf einer neuen Forschungsfahrt im Großen Ozeane begriffen. In „Science", 21. p. 178, wird ein aus Lima, vom 28. November,

datierter Brief von Agassiz mitgeteilt, der über die ersten Ergebnisse der Fahrt Aufschluß gibt. Am 6. Oktober verließ die „Albatroß" San Francisco. Von Panama aus ging es dann über Punta Mariato gegen die Chataminsel in der Galapagosgruppe. Die tiefste Stelle wurde mit 1900 Faden etwa 100 Seemeilen südwestlich von Punta Mariato gemessen. Von da nahm die Tiefe allmählich ab bis auf 1418 Faden, 80 Seemeilen von Chatam Island, hierauf schneller, so daß die 1000 Fadenlinie nur 60 Seemeilen von der Insel entfernt liegt. Südlich der Hoodinsel fand man, daß nach dieser Seite hin der Sockel der Galapagos steiler abfällt, indem man 50 Seemeilen südlich von ihr bereits 1700 Faden lotete. 100 Seemeilen weiter südlich wurden 2000 Faden gemessen, und diese Tiefe wurde in östlicher Richtung auf Punta Aguja (Küste) zu verfolgt, wobei sich halben Weges bis 60 Meilen von der Küste 2200 Faden ergaben; hierauf stieg der Boden sehr schnell an. Sodann lotete man von Punta Aguja nach Südwesten bis zu einem Punkte 675 Seemeilen westlich von Callao und fand dort 2200 bis 2590 Faden. Demnächst dampfte man ostwärts auf Callao zu und untersuchte eingehend die Milne-Edwardstiefe. Die Lotungen — 1490 bis 3200 Faden, aber auch nur 458 — zeigten innerhalb dieser Tiefe eine sehr große Unregelmäßigkeit des Bodens auf einem Areale von weniger als 60 Seemeilen Durchmesser. Serientemperaturmessungen wurden an sechs Stationen ausgeführt, von denen je zwei an den fernsten westlichen Punkten der Reiseroute liegen, zwei im Zentrum der großen Peruströmung und zwei in mäßiger Entfernung von der Küste. Es ergab sich daraus ein ungewöhnlich schneller Temperaturfall zwischen der Oberfäche und 50 Faden Tiefe, nämlich von 22° auf 15° an der nördlichen der westlichsten Stationen. Bei 200 Faden betrug sie 10.5, bei 600 Faden 4.7 und bei 2000 Faden am Boden 2.5°. Die Temperaturen an den übrigen Stationen verhielten sich ähnlich und waren nur im Osten in den mittlern Tiefen um etwa einen Grad höher. Viel Interessantes förderten auch die zoologischen Forschungen zutage; so war die große Zahl und Mannigfaltigkeit der innerhalb der 300 Fadentiefe vorhandenen pelagischen Fische in 300 bis 650 Seemeilen Landferne bemerkenswert. Es befanden sich viele darunter, die man bisher für Tiefseefische gehalten hat (z. B. Stylophthalmus und Dissomma). Die Weiterreise ging im Dezember von Callao nach der Osterinsel und zurück nach den Galapagos.[1])

Die Bodenformen des südlichen Eismeeres und die Bodentemperaturen daselbst behandelt Prof. G. Schott[2]) nach dem Stande der Kenntnisse im Jahre 1905, also nach dem vorläufigen Abschlusse der südpolaren Fahrten. Er gibt dabei eine Tiefenkarte der südlichen

[1]) Globus 1905. p. 340.
[2]) Petermanns Mitt. 1905. p. 241.

Meere, aus welcher ersichtlich ist, daß das zurzeit noch völlig unbekannte antarktische Gebiet fast genau durch den 70° südl. Br. bezeichnet ist. Nur bei Coats-Land (10 bis 20° westl. L.), König Eduard- und Viktoria-Land reicht unsere Kenntnis mehr südpolwärts. Von Adélaide- bis Enderby-Land, durch 100 Längengrade dehnt sich der weiße Fleck des Unerforschten äquatorwärts über den 70° südl. Br. hin aus. Im Weddellquadranten ist jetzt nachgewiesen, daß sich das Rückgrat des Atlantischen Ozeanes nicht bis zum Antarktischen Kontinente erstreckt. Die Roßtiefe in 68° 34', südl. Br. und 12° 49', westl. L. existiert nicht. Für den Enderbyquadranten erscheint ,wenn man die Bodenformen im großen ganzen betrachtet, der Gegensatz zwischen dem vergleichsweise flachen Osten, d. h. der Kerguelenschwelle, und dem tiefen Westen, d. h. dem Atlantisch-indischen Südpolarbecken, in erster Linie charakteristisch. Was man schon nach den vereinzelten Messungen des „Challenger" annahm, hat durch die Lotungen des „Gauß" südlich von 60° S. eine weitere Stütze erhalten, daß nämlich von rund 70° O., d. h. dem Meridiane von Kerguelen ab nach O. hin, und zwar bis in den Stillen Ozean hinein, ein nur 3- bis 4000 *m* tiefes Meer existiert, welches somit eine riesige relative Anschwellung darstellt, von der die Kerguelenschwelle nur den westlichsten Teil bildet. Vereinzelte tiefere Lotungen von mehr als 4000 *m* kann man, vorläufig wenigstens, als isolierte Vorkommnisse betrachten.

Für den Viktoria- und Roßquadranten (90° O. über 180 bis 90° W.) gilt in erster Linie, daß die mit der Kerguelenschwelle anhebende allgemeine Abnahme der Tiefe bis auf Beträge von weniger als 4000 *m* anhält und somit einen charakteristischen Gegensatz zu den Verhältnissen im Weddellquadranten und in der westlichen Hälfte des Enderbyquadranten schafft, wo in dem gewaltig ausgedehnten Becken das Lot noch nahe der Festlandsküste über 4000 *m* und zwischen 70 und 50° S. über 5000 *m* ergibt.

Der in dem Viktoriaquadranten sehr breiten Schwelle gegenüber gelagert ist zunächst die „Südaustralische Mulde", eine Neubenennung, die sich wohl empfiehlt, da diese der großen Bucht der australischen Südküste in charakteristischer Weise eingelagerte Mulde eine nur schmale Verbindung mit dem Indischen Becken besitzt. Darauf folgt die Ostaustralische Bucht und das Pazifische Südpolarbecken. Man kann, alles zusammenfassend, mit bestimmten Einschränkungen sagen: Im Weddellquadranten und im Enderbyquadranten führt ein an das südpolare Festland fast unmittelbar sich anlehnendes Tiefbecken nach N. hin zu ausgedehnten Schwellen. Im Viktoria- und im Roßquadranten ist es umgekehrt: da sinken breite, dem südpolaren Festlandsrande angelagerte Schwellen nach N. ab zu tiefen Becken und Mulden; da findet für einen N.—S. Vorwärtsschreitenden ein sanftes Ansteigen des Meeresbodens aus tiefen Becken zu breiten Schwellen und zum antarktischen Kontinental-

rande statt; da ist die Auffassung von einer allgemeinen Abnahme der Wassertiefe nach dem Polarkreise hin, die man noch vor zehn Jahren für das gesamte südliche Eismeer vertrat, auch heute noch berechtigt und allem Anscheine nach im Einklange mit den Tatsachen. Es sprechen dafür auch die Bodentemperaturen.

Was die antarktische Kontinentalstufe des sogenannten Schelf anbelangt, so faßt Prof. Schott alles Bekannte wie folgt zusammen: Von fünf rund um den Außenrand des vermuteten antarktischen Kontinentes gut verteilten Stellen ist das Vorhandensein eines Schelfes bekannt; an drei Stellen ist durch zahlreiche Lotungen seine Form schon näher festgestellt, nämlich bei dem Kaiser-Wilhelm II.-Lande, bei dem Viktorialande und an der Westküste des Grahamlandes bis hin zur Peterinsel. An der Ostseite des Grahamlandes sowie vor Coatsland ist die Kontinentalstufe auch nachgewiesen oder doch höchst wahrscheinlich. Vor der Küste von Kaiser-Wilhelm II.-Land beträgt die Breite des Schelfes etwa 100 bis 150 *km*; seine Tiefe liegt etwa zwischen 250 und 650 *m*, seine Oberfläche scheint ziemlich uneben zu sein, die geringsten Tiefen sind nicht gerade an den südlichsten Positionen gemessen. Das Gleiche gilt von dem Schelfe, der sich zwischen der Ostküste des Viktorialandes und dem Edward VII.-Land ausdehnt; auch hier bewegen sich die gewonnenen Tiefenzahlen bei unregelmäßiger Verteilung meist zwischen 300 und 650 *m*. Unmittelbar an der heutigen Eisbarriere sind von der „Discovery" eben diese zwischen 300 und 650 *m* liegenden Werte gemessen, desgleichen gelten sie noch für die 200 bis 300 *km* vom Lande abgelegenen Gebiete, so daß der Schelf hier etwas breiter sein dürfte, als vor Kaiser-Wilhelm II.-Land. Südöstlich von der Peterinsel haben die „Belgica"-Lotungen ein drittes, wiederum 100 bis 150 *km* breites Band der Kontinentalstufe enthüllt, ebenfalls mit Tiefen zwischen 350 und 650 *m*. Diese Tiefenwerte scheinen auch für die Ostküste von Grahamland zu gelten. Hiernach ist zum mindesten für den Enderby-, Viktoria- und Roßquadranten das Vorhandensein eines das Südpolarland umsäumenden Schelfes von überraschend gleichmäßiger Tiefe wahrscheinlich, und zwar ist charakteristisch, daß die Oberfläche des Schelfes nicht etwa 40 bis 100 *m* unter dem Meeresniveau liegt, wie z. B. die des Nordseeschelfes, sondern rund 300 bis 600 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, wie z. B. der norwegische Schelf.

Die Oberflächentemperaturen im südlichen Indischen Ozeane 1901 bis 1903 sind von Dr. R. Lütgens untersucht worden.[1]) Seine Arbeit bezweckt, für den befahrenen Teil des südlichen Indischen Ozeanes, den Verlauf der Wassertemperaturen, des wichtigsten hydrographischen Elementes, für einen durch äußere Umstände gegebenen

[1]) Annalen d. Hydrographie 1905. p. 498.

Zeitraum von Vierteljahr zu Vierteljahr festzulegen und die daraus folgenden Ergebnisse zu deuten.

Wegen der Details und der ziffermäßigen Daten muß auf das Original verwiesen werden. Hier genügt es, die Schlußfolgerungen anzuführen, welche der Verf. selbst wie folgt formuliert:

1. In dem westlichen und mittlern Teile des südlichen Indischen Ozeanes ist im Gegensatze zum östlichen Teile die Oberflächentemperatur des Meerwassers größern Schwankungen unterworfen.

2. Im Jahre 1901 waren die Abweichungen vom Mittel gering. Ebenso in der ersten Hälfte 1902. Dann aber finden wir sich stetig verstärkende negative Abweichungen vom südlichen Winter 1902 bis zum Sommer 1903. Gegen Schluß des Jahres 1903 werden die Temperaturen wieder normal.

3. Die niedrigern Oberflächentemperaturen können durch das Herbeiführen kälterer Wassermassen durch die Westwinddrift verursacht sein und scheinen in kausalem Zusammenhange mit anormalen Temperaturverhältnissen der Antarktis zu stehen.

4. Die Annahme, daß in der Antarktis zur Zeit der internationalen Südpolarforschung im Jahre 1902/03 anormale Verhältnisse geherrscht haben, wird durch die Feststellung großer negativer Abweichungen in den befahrenen Breiten bekräftigt.

Die Ursachen der vertikalen Temperaturverteilung im Weltmeere. Dr. G. Wegemann führt aus[1]), daß als wichtigste derselben die horizontale wie vertikale Wasserbewegung angesehen werden müsse. Die Tatsache, daß die Temperatur der Bodenschicht eines mit den Eismeeren kommunizierenden Meeresteiles niedriger ist als die mittlere niedrigste Wintertemperatur an der Oberfläche, und selbst am Äquator nur wenig höher wie am Boden der Eismeere, werde sich schwerlich aus einer andern Ursache erklären lassen, als durch eine langsame, aber mächtige Wasserbewegung von den Polen zum Äquator, die aber nicht mit den horizontalen Tiefseeströmungen zu verwechseln sei, sondern als Diffusion des verschieden schweren polaren und äquatorialen Tiefenwassers angesehen werden könne. Die Strömungen seien im Gegensatze zu ersterer von viel geringerer Ausdehnung, aber von ungleich größerer Geschwindigkeit, dadurch würden sie ebenfalls zu einem Hauptfaktor bei der Veränderung der Temperaturanordnung in den Meeren.

Während man sich von der Wirksamkeit dieser Ursache eine leidliche Vorstellung machen könne, entziehe sich dagegen eine andere, nämlich die Wärmeleitung, meist der Schätzung. Die tägliche Erfahrung lehre, daß man Wasser durch Erhitzen von unten her schnell zum Sieden bringen könne, aber jeder kann sich überzeugen, daß dies nicht durch Wärmeleitung, sondern durch Zirku-

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 206.

lation des Wassers bewirkt wird, durch Aufsteigen der leichtern, warmen Bodenschicht. Wie schnell das Kochen vor sich gehen würde, wenn man von oben her erhitzt, davon kann man sich nur selten durch Versuche überzeugen, die zudem bei der geringen Wassermenge für das Weltmeer kaum etwas beweisen würden. Dem Physiker ist allerdings die Tatsache geläufig, daß Flüssigkeiten schlechte Wärmeleiter sind, doch pflegt eine durch Zahlen unterstützte Vorstellung von dem Grade dieser Langsamkeit nicht immer vorhanden zu sein. Deshalb ist vom Verf. in einer in den Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen[1]) erschienenen Abhandlung der Versuch unternommen worden, solche Zahlenwerte zu berechnen, um sich an der Hand derselben eine Vorstellung von der Bedeutung der Wärmeleitung bei der vertikalen Temperaturverteilung des Weltmeeres bilden zu können.

Seine Berechnungen auf Grund eines von Poisson bereits gelösten Wärmeproblems zeigen, daß die Mitwirkung der Wärmeleitung bei der vertikalen Temperaturverteilung im Weltmeere von so untergeordneter Bedeutung ist, daß sie vernachlässigt werden kann.

Ebenfalls verschwindend klein wird die Übertragung der Wärme von dem Meeresboden und den Küsten aus sein. Diese minimalen Beträge werden aber dadurch für die untersten, schwersten Schichten der Tiefsee von großer Bedeutung, daß sie Anlaß einer schwachen Konvektionsströmung derselben werden, indem die unterste Schicht durch diese Wärmezufuhr schließlich leichter wird wie die darüberliegende und aufsteigt, um dieser Platz zu machen. Sie erzeugt also in dem schweren Bodenwasser eine vertikale Bewegung, welche mit den zu Anfang genannten Diffusionsströmungen des Tiefenwassers letzteres hauptsächlich vor dem Stagnieren bewahrt.

Schwer berechenbar, aber viel stärker als diese letztgenannten Ursachen, wirken die vom Meerwasser absorbierten Wärmestrahlen der Sonne. Doch da dieselben schwerlich viel tiefer wie die Lichtstrahlen eindringen, so bleibe diese Wirkung ebenfalls auf die obersten 200 *m* beschränkt. Die noch tiefer dringenden Strahlen würden schon so geschwächt sein, daß sie durch die Kleinheit ihrer Beträge bedeutungslos werden. Durch die nächtliche und winterliche Ausstrahlung werde allerdings ein Teil der absorbierten Wärme wieder zurückgegeben, dessen Größe von der Wolkenbedeckung des Ortes abhängig sei. Ein nennenswerter Überschuß werde sich dabei erst im Laufe längerer Zeiträume ergeben. Aber trotzdem sei diese Wärmeabsorption indirekt eine der wichtigsten Wärmeverteilungsursachen für die Tiefen des Weltmeeres und zugleich die bedeutendste

[1]) Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, herausgegeben von der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel usw., Abteil. Kiel. Neue Folge, 8. p. 137 bis 143. Wegemann: Die vertikale Temperaturverteilung im Weltmeere durch Wärmeleitung.

für abgeschlossene Meeresbecken, indem sie in erster Linie die Konvektionsströmungen erzeuge. Diese, sowie der Wärmetransport durch die Meeresströmungen, würden durch die Schnelligkeit ihrer Wirkungsweise von entscheidender Bedeutung.

Das in den Nächten und im Winter durch Ausstrahlung abgekühlte, am Tage durch Verdunsten konzentriertere und daher schwerere Oberflächenwasser werde bald wieder in die Tiefe sinken, um leichterm — wärmerm oder weniger salzhaltigem — Platz zu machen. Die Folge werde sein, daß in abgeschlossenen Meeresbecken die Temperatur in dem untern, mit dem Weltmeere nicht in Verbindung stehenden Raume gleichförmig sein müsse, und zwar gleich der mittlern Wintertemperatur oder gleich dem in derselben Tiefe des Ozeanes angetroffenen Wärmegrade. Dies sei auch durch alle bisherigen Beobachtungen vollauf bestätigt, so daß man in der Konvektion vielleicht den wichtigsten temperaturverteilenden Faktor sehen müsse. Weshalb die Bodentemperatur der mit den Polarmeeren in Verbindung stehenden Meeresteile niedriger ist als die mittlere niedrigste Wintertemperatur an der Oberfläche, ist bereits angedeutet (Diffusion). An abflußlosen Salzseen ließen sich vielleicht auch genauere Beobachtungen über die Bedeutung der Konvektion anstellen und Näherungswerte über die Schnelligkeit derselben ableiten. Aus Beobachtungen in den Meeren selber werde man schwerlich sichere Daten erlangen, da sich hier die andern störenden Ursachen nie ganz eliminieren lassen. Für die oberste Schicht sei ferner noch ein sehr wirkungsvoller Faktor die Wellenbewegung der Oberfläche, die bei den großen Wellen des Weltmeeres bis in eine Tiefe von 100 *m* wirksam ist. Die Aufwühlung und Umrührung der Oberflächenschichten werde oft die Konvektion noch erheblich übertreffen in ihrer Bedeutung als temperaturverteilende Ursache.

Die Theorie gibt eine mathematische Formel, durch welche sich berechnen läßt, nach welcher Zeit in einer bestimmten Tiefe ein bestimmter Bruchteil der Oberflächentemperatur vorhanden ist. Auch dabei stellt sich heraus, welche geringe Bedeutung die Fortpflanzung der Wärme für die vertikale Temperaturverteilung der obersten Schicht besitzt. Es gibt wohl schwerlich einen Meeresteil, der auch nur einen halben Monat ohne jegliche Bewegung wäre. Zudem ist aber die auf die Oberfläche wirkende Temperatur keine konstante, sondern eine nahezu periodische Funktion der Zeit (Tages-, Jahres-), wenngleich ihre Oszillation selbst bei großer Amplitude nur bis in geringe Tiefe nachweisbar ist.

Nach der Theorie muß die Temperatur der Meeresoberfläche im stationären Zustande der der berührenden Luftschicht gleich sein. Dieser Zustand wird theoretisch zwar erst nach unendlich langer Zeit erreicht, tatsächlich ist er annähernd schon in 10 000 000 Jahren erreicht, vorausgesetzt, daß der Wärmeleitungskoeffizient sich nicht auch mit dem Drucke, also mit der Tiefe, erheblich ändert.

Umgekehrt darf man aber aus dem Vorhandensein dieses Umstandes keineswegs schließen, daß die Temperaturverteilung diesem Zustande nahegekommen ist, da derselbe ganz andern Ursachen seine Entstehung verdankt haben kann und auch sicher wird. Aus allem ergibt sich nur, daß die Wärmeleitung als Ursache bei der vertikalen Temperaturverteilung der Weltmeere im allgemeinen vernachlässigt werden kann; für abgeschlossene seichte Meeresgebiete, Seen und Flüsse mag sie schon eher von Bedeutung sein.

Die physikalischen Verhältnisse des Mittelmeeres, soweit sie sich auf Wind, Strom, Luft- und Wassertemperatur beziehen, sind nach den Beobachtungen deutscher Dampfer von der Deutschen Seewarte bearbeitet worden.[1]) Die Dampferwege, um die es sich hier handelt, sind: 1. Gibraltar—Genua—Neapel—Port Said; 2. Gibraltar—Neapel; 3. Gibraltar—Port Said; alle drei Wege werden in beiden Richtungen viel befahren. Zu bedauern ist, daß der vierte der wichtigsten Dampferwege des Mittelmeeres, der von Gibraltar über Malta nach Konstantinopel führt, nicht Berücksichtigung finden konnte, zumal damit der griechische Archipel ganz aus der Darstellung ausschied; aber es gehen erst seit etwa zwei Jahren auf der Deutschen Seewarte Beobachtungen, deren Zahl natürlich für klimatologische Zwecke noch nicht genügt, für diesen Reiseweg ein.

Auf das Detail dieser auf zahlreichen Tabellen und Karten beruhenden Arbeit kann nicht eingegangen werden. Es mögen nur die Schlußbemerkungen hier eine Stelle finden: Das Mittelmeer zeigt, soweit das deutsche auf den wichtigsten Dampferwegen gesammelte maritime Beobachtungsmaterial einen Schluß zuläßt, in seinen Winden, Stromversetzungen und Wärmeverhältnissen eine merkwürdige Mischung von Meer- und Landeinflüssen. Im Westwindgebiete gelegen, erfreut es sich auch im Winter eines viel größern Schutzes gegen schwere Stürme als die entsprechenden Breiten des Nordatlantischen Ozeanes; im Sommer wird es z. T. von beständigen Monsunwinden beherrscht, die im Osten ungewöhnlich regelmäßig sind. Die Stromversetzungen sind selten; nur vereinzelt erreichen sie Beträge, wie sie im offenen Ozeane häufig sind; Gegenden, wo auf sechs oder sieben Tage erst ein Tag mit einer merklichen Versetzung kommt, bilden die Mehrzahl, in den eingeschlossenen Teilen bringt erst jeder zehnte Tag eine nennenswerte Versetzung. Werden im Frühjahre die Wasser- und Landmassen in schnell steigendem Maße erwärmt, so treten im Sommer bald tropische Wärmeverhältnisse ein, die denen auf dem Lande ähnlich sind. Und im Herbste, wenn die Sonne ihre Kraft verliert,

[1]) Wind, Strom, Luft- und Wassertemperatur auf den wichtigsten Dampferwegen d. Mittelmeeres. Beilage zu den Ann. d. Hydrographie 1905.

ist in den eingeschlossenen Wassermassen, die nirgends hin abgeführt werden können, so viel Wärme aufgespeichert, daß der aufgespeicherte Vorrat noch weit in den Herbst hinein sich bemerkbar macht. — Um rein ozeanische Verhältnisse aufweisen zu können, dazu ist die Wassermasse des Mittelmeeres zu klein und zu eingeschlossen; für einen See aber ist sie auf der andern Seite zu groß. So bildet das Mittelmeer einen Übergang von einem See zu der See mit Anklängen an beide, ein Mittelmeer auch in diesem Sinne.

Die Bodenbewegungen in der Bai von Neapel bildeten den Gegenstand sehr gründlicher Forschungen und Studien von R. T. Günther,[1]) die derselbe im Auftrage der Oxforder Universität ausgeführt hat. Die wesentlichsten Ergebnisse derselben faßt Prof. Th. Fischer in einer Darstellung zusammen,[2]) der folgendes entnommen ist.

Die Untersuchungen erstreckten sich vorwiegend auf die Küsten des Golfes von Neapel bei Sorrent und von Neapel bis Kap Miseno, einschließlich Capri, greifen aber auch auf der einen Seite bis Pästum, auf der andern bis Rom aus. Derselbe führt auf Grund eines wahren Schatzes neu oder sorgsamer beobachteter Tatsachen den Beweis, daß an dieser ganzen Küste nur das Land, nicht der Meeresspiegel in geschichtlicher Zeit Schwankungen unterworfen gewesen ist, und zwar, daß, um das Hauptergebnis vorweg zu nehmen, sich diese Küste in vorrömischer Zeit gehoben hat, bis sie, wohl in der Zeit der Ansiedlung der Griechen, ihre höchste Lage, wohl mindestens einige 20 engl. F. (6.1 *m*), über dem heutigen Niveau erreichte. Auch in römischer Zeit war ihr Niveau noch höher wie heute, mindestens 17 F. (5.2 *m*), aber ein Sinken war schon eingetreten, das im Mittelalter immer wirkungsvoller wurde, so daß die Küste 18 bis 20 F. (5.5 bis 6.1 *m*) tiefer lag wie heute. Um Beginn des 16. Jahrhunderts, etwa 50 Jahre vor dem Ausbruche der Monte Nuovo von 1538, kaum merklich anhebend und langsam, nicht wie E. Sueß wenigstens für den großen phlegäischen Krater glaubte annehmen zu sollen, plötzlich und in wenigen Stunden um 18 bis 19 F. (5.5 bis 5.8 *m*), trat wieder eine Hebung ein, die aber nicht kräftig genug war, um die römische Vorküste ganz trocken zu legen, die in der neuesten Zeit wieder langsam unter die Wogen hinabsinkt. Noch 1820 habe man längs der Küste des Posilipp von der Villa Grotta Marina bis zum Palazzo Donn' Anna trocknen Fußes gehen können, was heute nicht mehr möglich ist. Bezüglich der Küste bis nach Pozzuoli stellte Oberst Macintosh das Gleiche fest. Noch 1847 bewohnten die Mönche in der wärmern Jahreszeit das Ospizio dei Cappuccini bei Pozzuoli, obwohl in demselben schon damals das Wasser so hoch stand, daß es den Boden des Erdgeschosses bedeckte, Refektorium,

---

[1]) Geogr. Journal **22**. Nr. 2. 3.
[2]) Petermanns Mitt. 1905. Literaturbericht Nr. 593.

Küche usw. hatte aufgegeben werden müssen, und nur das Oberstock bewohnbar war. Ein Weingarten an der Seeseite des Klosters, in welchem ein alter Mönch noch die Stelle zeigte, von deren Reben er Trauben gegessen hatte, war 3 F. (0.9 *m*) unter Wasser. Boote fuhren über denselben hin, und man erkannte noch die Reste der Umfassungsmauer unter dem Wasser. Was heute noch von dem Kloster übrig ist, steht buchstäblich im Wasser, und ein hölzerner Steg ist an Stelle des gepflasterten, heute mehr wie ein Fuß unter Wasser liegenden ehemaligen Zuganges getreten.

Die Küstenbildungen des Bottnischen Meerbusens zwischen Tornio und Kokkula behandelte J. Leiviskä.[1]) Die Höhenverhältnisse und Formen des Felsengrundes bestimmen den Verlauf und die Gliederung der Küste, außer in den mittlern Partien des Gebietes, wo der Berggrund ebener und im Vergleiche mit den Umgebungen niedriger ist, so daß die losen Bodenarten bei höherm Stande des Meeres auf dem Grunde starke Schichten bilden können. Dort ist die Küste fast typische Schwemmlandküste, welcher die Brandung und vor allem die Flüsse ihr Gepräge verleihen. Wegen der Senkung des Meeresspiegels sind jedoch auch die größern Inseln und Landzungen dieser Gegend nicht als von losen Bodenarten gebildete Deltas oder eiszeitliche Ablagerungen aufzufassen, sondern eher direkt nur als niedrige Wölbungen des Berggrundes, welche die Sedimente, welche auch auf dem Meeresboden vorhandenen Unebenheiten folgen, nur in sanftere Formen gekleidet haben. Die topographische Form einer Küstenpartie, Wiese, Geröll usw., ist vorzugsweise von der Bodenart des ansteigenden Bodens wie auch von der Lage des Ortes abhängig. Der gegenwärtige Meeresboden, welcher sich seinerseits aus dem Wasser erhebt und Inseln und Küste bildet — wenn die jetzigen Verhältnisse fortdauern — bietet submarin bereits die gleichen Formen dar. So erscheinen die an der Oberfläche aufsteigenden Geröllriffe oft als fertige Wälle, und die tiefer liegenden Untiefen sind nach den Berichten der Fischer hinsichtlich ihrer Bodenformen bald rissiger Fels, so daß die Anker der Boote auf dem Grunde haften bleiben, bald Sand oder Geröll von verschiedener Beschaffenheit, bald Ton. Indem sich die verschiedenartigen felsigen, geröllbedeckten oder sandigen usw. Böden über den Wasserspiegel erheben, beginnen die litoralen Kräfte dieselben zu bearbeiten, wobei für die Veränderungen die Nähe von Flüssen und die mehr oder weniger geschützte Lage eines jeden Ortes von großer Bedeutung ist. Weiter von Fluß- und Bachmündungen entfernt übt besonders die Brandung ihren Einfluß aus, indem sie Felsen und Geröllspitzen und Flugsandufer, sowie an den Ufern von geschützten Buchten flache Schwemmlandufer bildet.

[1]) Dissertation, Helsingfors 1905. Auszug im Globus **88**. p. 260.

In der Nähe von Flußmündungen sinken die von den Flüssen mitgebrachten Sedimente an den Ufern der an den Meeresspiegel aufsteigenden Schären nieder oder bedecken die Schären und den Boden vollständig, indem sie so verschiedenartige Deltas bilden. Die an der gegenwärtigen Küste auftretenden Oberflächenformen und Zeichen des Einflusses seitens des Meeres setzen sich, soweit es der allgemeine Charakter der Gegend jeweils gestattet, ununterbrochen so weit landeinwärts fort, als Verfasser Gelegenheit hatte, die Verhältnisse zu untersuchen. Was an der gegenwärtigen Küste und ihrem Hinterlande Bildung des heutigen sinkenden Meeres ist, was anderseits in frühern Zeiten an den Küsten früherer Meere oder unter dem Einflusse der verschiedenartigen Kräfte des Festlandes entstanden ist, läßt sich schwer definitiv entscheiden.

Ein allgemeines hydrologisches Bild des Europäischen Eismeeres entwirft auf Grund des gesamten bisherigen Forschungsmateriales N. Knipowitsch.[1]) Hiernach hat man folgendes anzunehmen:

„Längs des Randes der Kontinentalstufe Norwegens bewegt sich nach Norden der Golfstrom als eine mächtige Schicht warmen und salzreichen Wassers oberhalb der kalten und relativ salzarmen Bodenschichten. An der Nordspitze Europas eröffnen sich zwei Wege für die weitere Bewegung des Golfstromwassers: einerseits weiter nach Norden den Rand der Kontinentalstufe entlang westlich von dem unterseeischen Plateau der Bäreninsel und dem Küstengebiete von Spitzbergen, anderseits nach Osten zwischen dem Plateau der Bäreninsel und den Küsten von Finnmarken ins Barentsmeer. Dadurch findet die erste Spaltung des europäischen Golfstromes statt. Ein großer Teil des Golfstromwassers wird durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt und tritt als mächtige Nordkapströmung (Nordkapstrom) zwischen der Nordspitze Europas und dem Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel in das Barentsmeer hinein. Da dieses Meer im ganzen relativ seicht ist, und sogar die Tiefen von über 300 *m* nur einen geringen Teil des gesamten Areals einnehmen, so ergießt sich nur der kleinere Teil des Golfstromwassers hinein, während der nach neuern Untersuchungen bedeutend größere Teil desselben seinen Weg nach Norden fortsetzt, als eine mächtige warme Strömung, welche wir als Spitzbergengolfstrom bezeichnen können.

Dieser nördliche Hauptzweig des europäischen Golfstromes fließt nun den Rand der Flachsee des Barentsmeeres entlang, westlich von den Bänken der Bäreninsel. Nördlich vom Plateau der Bäreninsel gibt er entsprechend dem Bodenrelief einen kleinern Zweig nach Nordosten ab, welchen wir als Südspitzbergengolfstrom bezeichnen können. Dieser relativ schwache Zweig scheint sich bald wieder zu teilen, wobei der eine Teil des Golfstromwassers weit in den Storfjord eindringt, während der andere, und zwar der größte, sich wahrscheinlich südlich von Stans Foreland nach Osten fortsetzt.

An den Westküsten von Spitzbergen fließt der Golfstrom (Westspitzbergengolfstrom), wie erwähnt, längs des Randes der Kontinentalstufe, von der Küste durch das verhältnismäßig salzarme und kalte Wasser des Küstengebietes abgetrennt, als eine sehr dicke Schicht warmen Wassers, dessen Temperatur in der Richtung nach Norden, mit Ausnahme der obern Schichten, sehr langsam abnimmt. Sowohl an der Westküste von Spitzbergen wie nördlich davon liegt die untere Grenze des Wassers mit der Temperatur über 0° in der Tiefe von über 700 *m*.

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 289.

Die Kontinentalstufe wird an der Nordwestspitze von Westspitzbergen beträchtlich enger, und der Golfstrom ist hier sehr wenig von der Küste entfernt. Hier trifft der Golfstrom eine bedeutende Bodenerhebung, die nach der Vermutung von Prof. Nansen sich fortsetzt und den Nordatlantischen Ozean von dem Nordpolarbassin trennt, gibt nach Nansen einen Zweig nach Westen ab (was indessen von Prof. O. Pettersson entschieden in Abrede gestellt wird) und ergießt sich dann in das Polarbassin. Durch die Erdrotation wieder nach Osten abgelenkt, folgt er dem Rande der geringen Tiefen nördlich von Spitzbergen in der Richtung nach Nordost. Je nach den Jahreszeiten und Jahren wird der westspitzbergische Zweig des Golfstromes früher oder später mit kalten salzarmen Schichten des Polarwassers und Küstenwassers bedeckt und erscheint dann als eine Unterströmung, welche die warmen und salzreichen tiefern Schichten des Polarbassins bildet. In der Mitte des Juni 1899 finden wir diese Deckschichten sogar in bedeutenderer Entfernung südlich von der Bäreninsel, während im Anfange August desselben Jahres diese Schichten erst nördlich von Spitzbergen beobachtet wurden (sowie in größerer Entfernung von der Nordwestspitze Spitzbergens nach Westen hin). Wie die Zweige von warmen Strömungen überhaupt übt auch der Spitzbergengolfstrom einen außerordentlich großen Einfluß auf die Verteilung des Polareises aus und verursacht die Bildung der seit Jahrhunderten bekannten „Whaler Bay", einer großen Einbuchtung in dem Eise längs der Westküsten Spitzbergens.

Die Fortsetzung des Golfstromes nördlich von Spitzbergen in der Richtung nach Nordosten können wir auf Grund der Beobachtungen von Makarow unmittelbar bis etwa 20° östl. L. verfolgen. Was den weitern Verlauf dieser Strömung im Polarbassin anbetrifft, so können wir annehmen, daß dieselbe unter einer dicken Schicht von Polarwasser sich nach Osten nördlich vom Franz Josephsland fortsetzt. Zwischen dieser Inselgruppe und Nowaja Semlja schneidet das Nordpolarbassin von Osten und Nordosten weit in das Barentsmeer ein als eine tiefe Einbuchtung, welche in der Verteilung von verschiedenen Schichten dieselben Verhältnisse zeigt wie das Nordpolarbassin. Es scheint mir sehr wahrscheinlich zu sein, daß solche Fortsetzung des Polarbassins in das Barentsmeer auch zwischen Nordostland und Franz Josephsland existiert.

Der östliche Hauptzweig des europäischen Golfstromes, der Nordkapstrom, tritt in die tiefe Rinne zwischen dem Plateau der Bäreninsel und der Nordspitze Europas ein. Im Norden wird derselbe von kaltem, relativ salzarmem Polarwasser des Bäreninselgebietes, im Süden von verhältnismäßig warmem (im Sommer) und ebenfalls relativ salzarmem Küstenwasser begrenzt. Die genannte tiefe Rinne, in welcher Prof. Nansen das Bett von frühern mächtigen Gletschern erblickt, verflacht sich weiter nach Osten sehr bedeutend und teilt sich allmählich in einige kleinere.

Das Bodenrelief verursacht eine Spaltung des Nordkapstromes in vier Zweige mit einigen Nebenzweigen, deren Lage im großen und ganzen konstant zu sein scheint. Es ist selbstverständlich damit nicht gesagt, daß diese Zweige überhaupt keinen Veränderungen unterliegen können: in verschiedenen Jahren kann die Quantität des ins Barentsmeer sich ergießenden Golfstromwassers verschieden sein, damit kann auch die Mächtigkeit jedes einzelnen Zweiges gewissen Schwankungen unterworfen sein; der Zweig wird breiter oder enger; auch innerhalb eines Zweiges beobachtet man gewisse Veränderungen in der Verteilung von salzreichern und salzärmern Teilen desselben; außerdem verschiebt sich die Südgrenze der Nordkapströmung je nach den größern oder kleinern Massen des Küstenwassers nordwärts oder südwärts usw. Aber soweit unsere Erfahrungen reichen, wird jeder Zweig als Regel immer ungefähr in derselben Lage gefunden, immer wird sein Maximum, seine Achse, als Regel ungefähr in derselben Breite und Länge wahrgenommen.

Die erste Teilung des Nordkapstromes findet sehr bald statt. Eine bedeutende Erhebung des Meeresbodens ungefähr unter 72° nördl. Br. (und etwas nördlicher) zwischen 25 und 29° östl. L. teilt das Bett des Nordkap-

stromes in zwei Teile: einen tiefern und breitern nördlichen und einen flachern und engern südlichen. In den erstern tritt die Hauptmasse des Golfstromwassers hinein, hier finden wir auch viel salzreicheres Wasser. Der südliche Teil des Bettes der Nordkapströmung enthält Wasser von niedrigerm Salzgehalte und höherer Temperatur während des warmen Teiles des Jahres; dies ist offenbar ein Resultat des Einflusses des Küstenwassers, und zwar nicht nur an der Nordküste Europas, sondern auch an den Westküsten. Durch die soeben erwähnte Teilung des Bettes des Nordkapstromes wird die erste Spaltung desselben hervorgerufen. Wir können uns überzeugen, daß schon unter 27° 15′ östl. L. das Golfstromwasser in zwei salzreiche Massen geteilt ist, zwischen welchen wir geringere Salzgehalte, sowie (in tiefern Schichten) etwas niedrigere Temperaturen beobachten. Auf diese Weise entsteht der südliche Zweig des Nordkapstromes, welcher nördlich von Finnmarken und von dem westlichen Teile der Murmanküste ungefähr unter $71^1/_2°$ nördl. Br. liegt; die südliche Grenze dieses Zweiges liegt nördlich von Varangerfjord ungefähr unter 71° 15′ nördl. Br. und auf dem Meridiane des Kolafjords ungefähr unter 71° nördl. Br.

Dieser südliche Zweig des Nordkapstromes, welchen Verf. als Murmanströmung bezeichnet, fließt dann in der Richtung ungefähr nach Südosten fast parallel der Murmanküste längs des Randes der Kontinentalstufe derselben ungefähr in 85 bis 90 Seemeilen von der Küste, während dessen Randgebiet sich bedeutend mehr nach Süden erstreckt. Die Breite der Murmanströmung zwischen $33^1/_2$ und $38^1/_2°$ östl. L. mit weniger ausgeprägten Randgebieten derselben beträgt etwa 70 bis 75 Meilen, während die Breite der eigentlichen schärfer ausgeprägten Strömung 30 bis 35 Meilen ist. Unter 38° östl. L. liegt die Südgrenze etwas südlich von 70° nördl. Br.

Zwischen 38 und 39° östl. L. stößt die Murmanströmung auf den Rand des flachen Plateaus, welches den südöstlichen Teil des Europäischen Eismeeres (fast die ganze östliche Hälfte des Murmanmeeres) einnimmt und nördlich von dem Eingange in das Weiße Meer, der Halbinsel Kanin und so weiter bis zur Kontinentalstufe der westlichen Küste von Nowaja Semlja sich erstreckt. Hier am Westrande des Plateaus spaltet sich die Murmanströmung wiederum in zwei Teile: die Hauptmasse des Wassers fließt dem Nordrande des erwähnten Plateaus entlang, zunächst in der Richtung ungefähr nach Nordosten, während der schwächere Zweig eine direkte Fortsetzung der Murmanströmung in der Richtung nach Südosten und dann nach Osten bildet. Dies ist ohne Zweifel die sogenannte Kaninströmung verschiedener russischer Forscher, deren Verlauf bis jetzt sehr wenig bekannt war, und deren richtige Deutung fehlte.

Wie erwähnt, hat die Kaninströmung anfangs die Richtung nach Südosten, dann biegt sie mehr nach Osten um; unter 42° östl. L. liegt diese Strömung zwischen $69^1/_2$ und 70° nördl. Br., weiter nach Osten bis etwa 46° östl. L. ungefähr zwischen 69° 25′ bis 69° 30′ und 69° 50′ nördl. Br. Der Anfangsteil der Strömung zeigt ziemlich hohen Salzgehalt in tiefern Schichten, weiter nach Osten auf dem Plateau nimmt der Salzgehalt sehr stark ab. Ungefähr bis 43 bis 44° östl. L. reicht das warme Wasser der Strömung bis zum Boden, weiter nach Osten finden wir unter der Kaninströmung kalte Bodenschichten.

Nach dem Abspalten des ersten oder westlichen Nebenzweiges (d. h. der Kaninströmung) von der Murmanströmung beobachten wir auf einer Strecke, daß kalte Wasserschichten unter die warme Strömung nach der Ecke zwischen Murman- und Kaninströmung eindringen. Weiter nach Osten reicht das warme Wasser wieder bis zum Boden.

Ungefähr unter 43 bis 44° östl. L. und $71^1/_3°$ nördl. Br. findet eine neue Teilung der Murmanströmung statt. Sie gibt nach Ostsüdosten in eine tiefe Rinne einen neuen Nebenzweig ab, welchen Verfasser als Kolgujew-Nowaja-Semljaströmung bezeichnet. Der Zweig ist anfangs sehr gut ausgeprägt, weiter nach Ostsüdosten wird derselbe weniger deutlich, und zwischen 50 und 54° östl. L. finden wir nur Spuren derselben.

Nach der Bildung des zweiten östlichen Nebenzweiges fließt die Murmanströmung immer den Rand des Plateaus entlang in der Richtung nach Nordosten, bis sie ungefähr unter 72° nördl. Br. und 48 bis $48^1/_2$° östl. Länge auf den Rand der Kontinentalstufe Nowaja Semljas stößt und nach Norden umbiegt. Zwischen 73 und 74° nördl. Br., in andern Jahren schon zwischen 72 und 73° nördl. Br., wird die Fortsetzung der Murmanströmung, welche wir hier als warme Nowaja-Semljaströmung bezeichnen können, von kalten, salzarmen Wasserschichten bedeckt und sinkt zu Boden, indem ihre Temperatur stark abnimmt. Das eben Gesagte bezieht sich auf die Sommermonate; im Winter, und zwar am Ende desselben, wird die Strömung ohne Zweifel viel früher von kalten Schichten bedeckt.

Der größere nördliche Teil des Nordkapstromes spaltet sich bald in drei Zweige, was ebenfalls durch das Bodenrelief hervorgerufen wird: das Bett der Strömung wird durch zwei bedeutende Erhebungen des Meeresbodens eingeteilt.

Der nördlichste Zweig hat eine Richtung nach Nordosten und nimmt eine tiefe Rinne längs des südöstlichen Randes des Plateaus der Bäreninsel ein. Auf dem Meridiane des Kolafjords finden wir diesen Zweig nördlich von 75° nördl. Br., und zwar ungefähr von 75° 10′ nördl. Br. an; nach Norden wurde derselbe hier bis 75° 55′ nördl. Br. verfolgt, ohne die Nordgrenze zu erreichen. Das relativ warme salzreiche Wasser des nördlichsten Zweiges wird bald von kalten und salzarmen Schichten bedeckt, und schon auf dem Meridiane des Kolafjords erscheint dieser Zweig (nach den Beobachtungen im Ende Juli 1901 und in der Mitte August 1902) als warme Unterströmung. Selbstverständlich muß die Grenze, an der das warme Wasser des Zweiges die Oberfläche verläßt und von kalten Schichten bedeckt wird, sich je nach den Jahreszeiten bald mehr nach Nordosten und Norden, bald in entgegengesetzter Richtung verschieben. Wahrscheinlich spielen hier auch Unterschiede verschiedener Jahre eine gewisse Rolle. Wir können annehmen, daß die Grenze am weitesten nach Norden und Nordosten spät im Herbste zurücktritt. Direkte Beobachtungen fehlen.

Was den weitern Verlauf des nördlichsten Zweiges anbetrifft, nachdem derselbe sich in eine Unterströmung verwandelt hat, so besitzen wir leider keine kontinuierliche Reihe von Beobachtungen. Ein eingehendes Studium des Bodenreliefs, sowie vereinzelte Beobachtungsserien gestatten uns indessen, eine klare Vorstellung darüber zu bilden.

Durch Betrachtung der bathymetrischen Karten von Prof. Nansen können wir uns überzeugen, daß den südöstlichen Rand des Plateaus entlang, auf welchem die Bäreninsel und die Hoffnungsinsel (Hope Island) sich erheben, beträchtliche Tiefen von über 350 *m* weit nach Norden sich erstrecken. Ungefähr unter 30 bis 32° östl. L. und $75^1/_2$ bis 76° nördl. Br. finden wir sogar Tiefen von über 400 *m* (403, 410, 411 und 418 *m*). Ungefähr unter 76° nördl. Br. und etwas nördlich davon teilt sich die tiefe Rinne in zwei beträchtlich seichtere. Eine davon erstreckt sich in der Richtung nach Nordwesten und begrenzt das Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel von Nordosten; ungefähr unter 77° nördl. Br. und 29° östl. L. finden wir hier noch die Tiefen von 292 und 303 *m*. Eine andere Rinne mit Tiefen von über 250 *m* erstreckt sich nach Ostsüdosten und mündet in den tiefen östlichen Teil des Barentsmeeres. Es ist klar, daß der nördlichste Zweig des Nordkapstromes sich in zwei neue Zweige teilen muß, von denen der eine den Nordostrand des erwähnten Plateaus (als Unterstrom) bespült, der andere einen großen Teil des Wassers (ebenfalls als Unterstrom) nach dem östlichen Teile des Barentsmeeres führt. Über den erstern besitzen wir keine direkten Beobachtungen, es ist sehr wahrscheinlich, daß sein Wasser weiter nach Nordwesten sich mit dem Wasser des südspitzbergischen Golfstromes vermischt, und daß dadurch das Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel von allen Seiten mit Zweigen des Golfstromes umgeben wird.

Was die Fortsetzung des nördlichsten Zweiges des Nordkapstromes nach Ostsüdosten anbetrifft, so können wir nach dem Bodenrelief des Barentsmeeers erwarten, daß weiter nach Osten eine neue Spaltung stattfinden muß. Von dem tiefsten Teile des östlichen Barentsmeeres erstreckt sich nach Norden ungefähr unter 44 bis 45° östl. L. eine Fortsetzung mit Tiefen von über 250 *m* Anderseits zieht sich nach Nordosten von hier ein anderes Gebiet mit Tiefen, von über 250 *m*; etwas nördlich von 77° nördl. Br. unter 49° 30′ östl. L. finden wir auf den Karten von Nansen sogar 311 *m*. Wir können daher schon a priori vermuten, daß die östliche Fortsetzung des nördlichen Zweiges des Nordkapstromes anfangs eine Richtung nach Ostsüdosten hat, dann aber ungefähr unter 76° nördl. Br. und 44 bis 45° östl. L. in zwei neue Zweige zerfällt, von welchen der eine nach Norden, der andere nach Nordosten sich erstreckt. Dies findet in den Beobachtungen Bestätigung.

Wenden wir uns zu den mittlern Zweigen des Nordkapstromes. Eine bedeutende Erhebung des Meeresbodens, welche mit kaltem und relativ salzarmem Mischwasser bedeckt ist und auf dem Meridiane des Kolafjords unter 75° 2′ nördl. Br. die geringe Tiefe von 147 *m* zeigt, trennt von dem nördlichsten (vierten, von Süden gerechnet) Zweige den folgenden mächtigen dritten Zweig ab, der auf dem Meridiane des Kolafjords ungefähr zwischen 73° 15′ und 74° 20′ nördl. Br. liegt. Südwärts davon finden wir wieder eine große Bodenerhebung. Dieser Zweig wird bald, ungefähr unter 35 bis 36° östl. L. von kalten, salzarmen Schichten bedeckt und erscheint weiter in Form von Zwischen- und Bodenschichten; wahrscheinlich unterliegt auch hier die Grenze gewissen Schwankungen. Nach dem Verschwinden von der Oberfläche scheint der dritte Zweig sich in zwei Teile zu spalten: einerseits finden wir eine Fortsetzung desselben in der Richtung nach Nordosten, als eine Zwischenschicht mit der Temperatur über 0° und dem Salzgehalte von 34.9 °/₀₀ und mehr, welche ohne Zweifel sich in die Fortsetzung des nördlichen Zweiges ergießt; anderseits muß der größere Teil des Wassers durch eine Rinne mit der Tiefe von über 300 *m* nach Osten und Ostsüdosten in den tiefen östlichen Teil des Barentsmeeres münden, wo das abgekühlte und zum Teile mit Polarwasser und Schmelzwasser vermischte Golfstromwasser, wie wir sahen, mächtige Bodenschichten bildet.

Der weiter nach Süden liegende zweite Zweig des Nordkapstromes ist viel schwächer; von dem dritten Zweige ist er durch Wasser mit bedeutend niedrigerer Temperatur und geringerm Salzgehalte getrennt; indessen ist die Trennung der mittlern Zweige voneinander, sowie von dem südlichen Zweige viel weniger ausgeprägt als zwischen den beiden nördlichen: die drei südlichen Zweige erscheinen mehr als drei Maxima des Nordkapstromes.

Während wir im Küstengebiete des Plateaus des südöstlichen Teiles des Europäischen Eismeeres im Sommer meist Bodentemperaturen bedeutend über 0° finden, erstreckt sich weiter nach Norden ein kaltes Gebiet der Flachsee, wo wir auch im Sommer relativ niedrige Temperaturen in Bodenschichten beobachten, welche von den obern Schichten scharf abgetrennt sind. Das kalte Gebiet der Flachsee erstreckt sich nach Norden bis zum Rande des Plateaus. Zwischen der Murmanströmung und der kalten salzreichen Bodenströmung an den Küsten von Nowaja Semlja setzt dasselbe sich noch weiter nach Norden fort und erscheint, wie wir sahen, zwischen diesen Strömungen als ein selbständiges Gebiet, dessen Salzgehalt niedriger als in beiden benachbarten Strömungen ist. Wir können daher in diesem Teile des Europäischen Eismeeres zwei Gebiete unterscheiden: ein warmes Gebiet (oder Küstengebiet) und ein kaltes Gebiet der Flachsee.

Längs der Süd-, West- und Nordwestküste von Nowaja Semlja beobachten wir auf der Kontinentalstufe, meist in einer Rinne, eine sehr eigentümliche kalte Bodenströmung. Die Temperatur ist hier sehr niedrig (am Boden bis — 1.7, — 1.8 oder sogar — 1.9°), der Salzgehalt sehr hoch, da er am Boden meist größer als 35 °/₀₀ ist. Das Wasser mit dem höchsten Salzgehalte bildet

eine verhältnismäßig dünne Bodenschicht. Nach oben nimmt der Salzgehalt stark ab; die salzreiche Bodenströmung wird im Sommer immer von um vieles salzärmern Schichten bedeckt. Die leider zu spärlichen direkten Bestimmungen der Strömungen scheinen zu beweisen, daß in den Bodenschichten eine Bewegung nach Süden (und Südosten) stattfindet, während man in obern Schichten jedenfalls eine veränderliche Bewegungsrichtung feststellen kann, jedoch mit Vorherrschen der Bewegung nach Norden. Die Bodenströmung hat eine Breite von etwa 45 Seemeilen im Norden, bis ungefähr 25 Seemeilen vor dem Eingange in Kostin Schar; weiter nach Osten scheint die Strömung noch enger zu werden. Für die kalte Strömung an den Küsten von Nowaja Semlja hat Prof. Nansen den Namen Lütkeströmung vorgeschlagen; wenn nun weitere Untersuchungen endgültig beweisen werden, daß die Strömung der obern salzarmen Schichten von der salzreichen Bodenströmung unabhängig ist, so müssen wir als Lütkeströmung die erstere bezeichnen, da von diesem Forscher nur die Strömung der obern Schichten aus dem Karischen Meere in der Richtung nach Westen entdeckt worden ist. Was die Herkunft der kalten Bodenströmung anbetrifft, so ist es zurzeit kaum möglich, etwas Sicheres zu sagen.

Wir müssen jetzt das kalte nördliche Gebiet näher ins Auge fassen, welches nördlich von dem Nordkapstrome liegt und zum Teile von Zweigen desselben erfüllt ist. Die kalte von Nord und Nordost vordringende Strömung an den Süd- und Ostküsten von Spitzbergen, sowie auf dem Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel sind lange bekannt. Diese Strömung, welche sehr große Geschwindigkeit zeigen kann, bedeckt bald mehr, bald minder auch die Zweige des Spitzbergengolfstromes. Weiter nach Osten bedeckt dieselbe Strömung die Zweige des Nordkapstromes und dringt weit nach Süden vor, wo dieselbe den südlichen Zweig des Nordkapstromes südwärts ablenkt und sich zum Teile auch unter denselben, sowie südwärts davon einschiebt. Große Massen des Golfstromwassers ergießen sich hier von Westen und Süden in das kalte nördliche Gebiet, während von Norden Massen des Polarwassers in die obern Schichten vordringen. Es findet hier eine starke Vermischung von Golfstromwasser und Polarwasser statt, und das vermischte Wasser findet einen Abfluß nach Norden und Nordosten. Im Norden und Nordosten sind die obern kalten Schichten, welche wir als direkte Fortsetzung der obern Schichten des Polarbeckens betrachten können, stärker ausgeprägt, aber in mittlern und tiefern Schichten haben wir es auch hier mit direkten Fortsetzungen des Golfstromes und mit Mischwasser zu tun. Der größte Teil des Barentsmeeres fällt in ein Gebiet, welches weder ausschließlich dem Golfstrome, noch der Polarströmung angehört.

Was die hydrologischen Verhältnisse des Weißen Meeres anbelangt, so bemerkt Verf., daß der Salzgehalt hier überhaupt gering ist. Fast während einer Hälfte des Jahres ist das Meer mit großen Massen von Treibeis, zum Teile auch mit unbeweglichem Küsteneise bedeckt. Zu dieser Zeit scheinen die Temperaturverhältnisse sehr gleichförmig zu sein: soweit wir aus spärlichen direkten Beobachtungen, sowie aus allgemeinen theoretischen Betrachtungen schließen können, nimmt dann fast die ganze Masse des Wassers die Temperatur von etwa — 1.4 bis — 1.6° an. Im Sommer findet eine sehr starke Erwärmung statt, besonders im Golfe von Onega und an den Küsten. In tiefern mittlern Teilen des Meeres bleibt die Masse des Wassers auch im Sommer sehr kalt, und bedeutende Erhöhung der Temperatur wird nur in dünnen obern Schichten beobachtet. Im Golfe von Onega und an den Küsten werden dagegen alle Schichten stark erwärmt. Das Weiße Meer zerfällt daher in ein warmes und ein kaltes Gebiet, welche entsprechend den wesentlich verschiedenen physikalisch-geographischen Verhältnissen auch verschiedene Faunen enthalten.

Knipowitsch kommt zu dem Schlusse, daß das allgemeine hydrologische Bild seines Untersuchungsgebietes jahraus, jahrein im großen ganzen unverändert bleibt. Da die Verteilung der Strömungen und der verschiedenen

hydrologischen Gebiete in erster Linie von dem Bodenrelief abhängig ist, so müssen wir annehmen, daß wesentliche Veränderungen der allgemeinen hydrologischen Verhältnisse nur durch große geologische Veränderungen hervorgerufen werden.

Die Strömungen an den südlichen und südöstlichen Küsten von Neufundland sind seit 1890 durch das Marinedepartement in Ottawa auf eigens dazu unternommenen Fahrten untersucht worden. Über die im Sommer 1903 bei Süd- und Südostneufundland ausgeführte Arbeit referiert auf Grund des kanadischen amtlichen Berichtes Dr. L. Mecking.[1]) Zweck der Untersuchung war die Ermittlung der Strömungen, welche ein Schiff zu erwarten hat, wenn es in passender Entfernung an der Küste vorbeifährt; darum wurde nur beobachtet außerhalb vier bis fünf Meilen Küstenabstand, aber auch bis höchstens 30 Meilen Abstand, also jedenfalls im Bereiche der Küstenströmungen (nicht etwa der eigentlichen großen Meeresströmungen).

Die Geschwindigkeit wurde in allen Fällen für die Tiefe von 6 *m* (18 Fuß engl.) ermittelt, die Richtung aber an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen.

An der Südküste folgen von Kap Race ab nach Westen drei Buchten aufeinander, die in derselben Reihenfolge an Größe zunehmen; es sind die Trepasseybai, die St. Marysbai und die Placentiabai. Die Aufgabe, welche hier zu lösen war, bestand nun darin, zu ermitteln, wie sich die Küstenströmungen vor und in diesen kleinen und großen Buchten verhalten.

Zu dem Zwecke wurde zunächst an vier draußen liegenden Stationen, welche in einer Linie parallel mit dem Gesamtküstenverlaufe lagen, je ein bis zwei Tage lang die Strömung beobachtet. Daraus ergab sich, daß der Strom mit Flut und Ebbe beziehentlich nach NW. und SO. setzt, daß aber die erstere Bewegung ein wenig überwiegt; der Gezeitenstrom ist also verbunden mit einer geringfügigen herrschenden Strömung nach NW.

In der Placentiabai wurden zwar als oberstes, die Strömung beherrschendes Prinzip die Gezeiten festgestellt, wie die dem Berichte beigegebenen Tafeln veranschaulichen; aber ebenso deutlich zeigt sich in diesen Tafeln, daß an jeder Station eine der beiden Gezeitenströmungen bevorzugt ist, und zwar jeweils diejenige, welche in einen dem Uhrzeigersinne entgegengesetzten Stromkreislauf paßt, das ist an der Ostseite der Bai der Flutstrom, in der Mitte und an der Westseite der Ebbestrom. Es tritt also zum Gezeitenelemente wiederum eine konstante Tendenz, und zwar zur Umkreisung der Bucht von rechts nach links.

Diese Verhältnisse walten ungestörter in der Tiefe als in den Oberflächenschichten, ausgesprochener in Küstennähe als in größerm

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 145.

Abstande, ausgeprägter endlich auch bei Windstille, als wenn störende Winde eingreifen.

Die Strömungen sind durchweg von geringer Stärke, überschreiten nie die Geschwindigkeit von einem Knoten.

In der St. Marysbai zieht die von O. kommende Strömung im ganzen einfach vor der Mündung der Bai vorüber nach NW. Diese herrschende Strömung wird nun wieder stark beeinflußt durch die Gezeiten, welche bzw. nach NW. und SO. gerichtet sind. Im ganzen wird sonach der Ebbestrom von dem nach NW. gerichteten Flutstrome übertroffen an Geschwindigkeit, Tiefe und Dauer. Auch hier ist das Gezeitenelement wieder in der Nähe der Küste ausgeprägter.

Vor der Trepasseybai wurde, wie weiter westlich, der Gezeiteneinfluß herrschend gefunden. Aber von beiden Gezeitenströmen war wieder die Flutbewegung anhaltender (um 25%), was eine allgemeine Tendenz zur Westversetzung anzeigt und übereinstimmt mit den Erfahrungen vor den westlichern Buchten.

An der Südostseite Neufundlands setzt zwischen Kap Spear und Kap Race ein Küstenstrom konstant nach SW. und nimmt die etwa 30 Seemeilen breite Rinne zwischen der Küste und dem westlichen Rande der großen Bank ein.

Diesem konstanten Strömungselemente mischt sich ebenso wie an der Südküste das Gezeitenelemente bei, und das kommt zum Ausdrucke in einer Schwankung der Geschwindigkeit der Gesamtströmung.

Temperaturmessungen wurden vorgenommen bis zur Tiefe von 55 *m*. Dieselben gestatten aber nicht, wie man erwartet hatte, einen Schluß auf die Bewegung des Wassers, liefern vielmehr das Resultat, daß

1. die Temperaturen in 55 *m* Tiefe an allen Stellen dieses Gebietes und in jedem Monate des Sommerhalbjahres durchweg in der Nähe des Gefrierpunktes liegen (sie variieren nur zwischen — 1 und + 1°),

2. daß das Wasser des ostneufundländischen (polaren) Stromes sich ebenso an der Oberfläche erwärmt wie das Oberflächenwasser an andern Punkten des ganzen Bereiches.

Die Temperaturmessungen ließen ferner einen recht markanten Fall von kaltem Auftriebwasser in kleinem Maßstabe erkennen, wenn starke ablandige Winde wehten. So sank z. B. einmal die Temperatur des Küstenwassers innerhalb eines drei Seemeilen breiten Streifens von + 10 auf + 1½° und noch innerhalb eines zehn Seemeilen breiten Gürtels unter + 7°.

Die normalen Strömungsverhältnisse können unter gewissen Witterungsumständen Störungen erleiden; der Strom kann abgelenkt werden nach einer beliebigen Richtung, aber im allgemeinen nur von der Oberfläche bis zu 18 *m* Tiefe und leichter bei Ebbe als bei Flut.

Die Strömungen am Eingange der Fundybai sind durch Untersuchungsfahrten im Jahre 1904 studiert worden, und W. Bell Dawson hat über die Ergebnisse derselben berichtet. Dr. L. Mecking hat diesen kanadischen amtlichen Bericht bearbeitet.[1]) Derselbe schließt sich am nächsten an den 1899 erschienenen, von Schott bearbeiteten an, welcher die „Sprungwelle und Flutgröße im obern Teile der Fundybai“ auf Grund der im Sommer 1898 erhaltenen Beobachtungen behandelt. Während aber diese nur an selbstregistrierenden Pegeln von verschiedenen, passend ausgewählten Landstationen gewonnen waren, liegen nunmehr Beobachtungen vom Meere selbst vor, die im Sommer 1904 vom verankerten Schiffe aus an vierzehn Punkten im Bereiche der Fundybaimündung ausgeführt worden sind.

Beobachtet wurde nur außerhalb der 50 *m* Tiefenlinie, d. h. in einem Küstenabstande von mindestens vier bis fünfzehn Seemeilen, so daß also die Strömungen zwischen den Inseln und Riffen nicht berücksichtigt wurden. Gegenstände der Beobachtung waren die Oberflächenströmung, deren Geschwindigkeit und Richtung in 6 *m* Tiefe festgestellt wurde, und die Tiefenströmung, von der ebenfalls Geschwindigkeit und Richtung in 55 *m* Tiefe ermittelt wurde. Gleichzeitig wurden in St. John am Nordrande der Bai und in Yarmouth die Gezeiten registriert, endlich wurden Wassertemperatur, Luftdruck und Wind beobachtet.

Die Strömung an der Oberfläche hat strengen Gezeitencharakter, die übereinstimmende Tendenz derselben bei Flut buchteinwärts, bei Ebbe buchtauswärts zu setzen, tritt an allen Punkten scharf hervor. Die Geschwindigkeitsangaben beziehen sich auf die mittlere Springtidenhöhe von 7.2 *m* bei St. John, da die Geschwindigkeit des Tidenstromes in dieser Höhe wechselt. Die zeitlichen Variationen in der Stärke der Strömung sind sehr groß. Nach einem an vier Stationen angestellten Vergleiche beträgt der Unterschied in der Stärke von Flut und Ebbe nicht mehr als 3%. Diese fast völlige Gleichheit bestätigt den ausgeprägten Gezeitencharakter der Strömungen und stimmt überein mit der schon früher festgestellten Tatsache, daß im Hintergrunde der Bai die Erhebung des Wasserspiegels bei Flut über das Mittelniveau völlig gleich ist dem Betrage der Erniedrigung bei Ebbe.

An allen Stationen wurde die Maximalstärke von Ebbe- und Flutstrom auch für die Tiefe von 55 *m* ermittelt. Dabei zeigte sich, daß die Stärke des Tiefenstromes nie mehr als um 7% von der des Oberflächenstromes abweicht, daß also die Gezeitenbewegung in der ganzen Wassermasse bis zu 55 *m* Tiefe nahezu die gleiche Geschwindigkeit besitzt. Ebenso erfolgt das Kentern von Oberflächen- und Tiefenstrom nahezu gleichzeitig, indem der zeitliche Unterschied

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 454.

den Betrag von zehn bis fünfzehn Minuten im allgemeinen nicht übersteigt. Endlich ist auch das Verhältnis der Stärke von Ebbe- und Flutstrom in der Tiefe dasselbe wie an der Oberfläche: beide Gezeitenbewegungen sind ungefähr gleich stark.

Eine Störung der Strömung durch gelegentlichen starken Wind scheint meist nur die Tiefe von 10 *m* zu erreichen und nie die Tiefe von 20 *m* zu überschreiten. Eine Störung ist deshalb auch nie nachhaltig, sondern muß bald wieder den normalen Bedingungen weichen, da von diesen die ganze Wassermasse bis zum Boden beherrscht wird.

Die Strömung wird auch beeinflußt durch bevorstehenden Sturm: sie setzt nämlich vor dem Ausbrechen eines Sturmes in der Richtung gegen denselben mit größerer Stärke als gewöhnlich. Diese Verhältnisse sind analog den von der Ost- und Südostküste Neufundlands her bekannten.

Lokale Besonderheiten der Strömungen werden bewirkt entweder durch Inseln, die in der Strömungsrichtung liegen, oder durch einen hohen Betrag des Tidenhubes, infolgedessen die Küstenkonfiguration bei Ebbe und Flut sehr verschiedene Gestalt erhält. Als ein Haupthindernis der ersten Art sieht Dawson die am Eingange der Fundybai gelegene Insel Grand Manan an.

Während also zeitlich äußerst geringe Variationen vorhanden sind, d. h. an einem und demselben Orte sowohl Richtung wie Zeit des Auftretens der Gezeitenbewegungen sehr konstant sind, und lediglich die Stärke im Laufe des Monates wechselt, — sind die örtlichen Variationen auffallend groß, so daß eine Ortsveränderung von nur wenigen Seemeilen eine merkliche Änderung in Stärke (Richtung) und Zeit der Gezeitenerscheinungen mit sich bringen kann. Diese für die Strömungen der Fundybairegion charakteristischen Eigentümlichkeiten sind für den Schiffsführer von größter Wichtigkeit.

Messung der Wassertemperaturen wurde vorgenommen, um festzustellen, ob das einwärtsfließende Wasser andere Temperatur aufweise als das auswärtssetzende. Aber der gefundene Unterschied der Temperaturen bei Ebbe und Flut belief sich nur auf den Bruchteil eines Grades an allen Stationen außer einer. An dieser zeigte sich eine Differenz von beinahe 2°, und zwar in dem Sinne, daß das ausfließende Wasser des Ebbestromes kälter wäre als das einwärtsströmende Flutwasser.

Der Golfstrom im Mai und Juni 1904. Nach gewissen öffentlich aufgestellten Behauptungen soll der Golfstrom im Mai und Juni 1904 eine erhebliche Geschwindigkeitszunahme im Vergleiche mit den durchschnittlichen Versetzungsgrößen gezeigt haben. So einfach, heißt es in den Annalen der Hydrographie[1]) die Aufstellung einer

[1]) 1905. p. 314.

solchen Behauptung ist, die vielleicht nur auf wenigen Beobachtungen beruht, so zeitraubend und umständlich ist ihre Prüfung; da aber mit einer Untersuchung der Sachlage zugleich die Frage, ob unter Umständen eine synoptische Darstellung von Strömungen möglich sei, beleuchtet werden mußte, so schien die nähere Bearbeitung doch die aufzuwendende Mühe zu lohnen.

Um mehr Beobachtungen für eine Untersuchung der Frage zu erlangen, als sie gewöhnlich zur Verfügung stehen, versandte die Deutsche Seewarte im Juni 1904 ein Rundschreiben und erhielt daraufhin 40 Listen von Stromversetzungen im Nordatlantischen Ozeane zwischen der europäischen und amerikanischen Küste. Dazu kamen noch 49 meteorologische Tagebücher, so daß im ganzen 89 Kapitäne Beiträge lieferten, 14 von Seglern und 75 von Dampfern.

Als Ergebnis der auf der Deutschen Seewarte ausgeführten Untersuchungen der einzelnen Angaben werden von jener folgende Sätze für die Zeit vom 10. Mai bis zum 10. Juni 1904 aufgestellt.

1. Verglichen mit den mittlern Verhältnissen war die Geschwindigkeit des Golfstromes, von West nach Ost gehend, zu gering, zu groß, zu gering, zu groß.

2. Die Geschwindigkeit des Golfstromes nahm während dieses Zeitraumes von West nach Ost nicht gleichmäßig ab, sondern zeigte in dem mittlern Teile eine Abnahme, mit höhern Geschwindigkeiten vor und nachher.

3. Vor dem 22. Mai und nach dem 5. Juni verschwand der Strom früher von der Oberfläche als gewöhnlich, um später weiter im Osten noch einmal aufzutauchen.

4. Vom 22. Mai bis zum 5. Juni reichte der ununterbrochene Strom am weitesten nach Osten.

5. Die größte Verlagerung des mittlern Stromteiles nach Norden fiel in die Zeit vom 1. bis 5. Juni.

6. Die stärksten Versetzungen in der kleinsten geographischen Länge, d. h. am weitesten nach Osten, fielen in die Zeit vom 22. bis 26. Mai.

7. Innerhalb kleiner Gebiete wechselte die Geschwindigkeit manchmal beträchtlich in fünf, mehr noch in zehn bis fünfzehn Tagen.

8. Nördlich und südlich vom Hauptstromstriche fand sich meist gleichzeitig eine Gegenströmung nach Westen, die ausnahmsweise einmal eine Geschwindigkeit erreichte, die die des Golfstromes selber in der Umgebung übertraf.

9. Der Einfluß frischer und starker Winde macht sich auch an der stärksten Strömung bemerkbar, sowohl in fördernder wie in hemmender Weise.

10. Im großen und ganzen hat im Mai und Juni 1904 eine andauernde und das ganze Stromgebiet gleichmäßig betreffende Geschwindigkeitszunahme des Golfstromes nicht bestanden, trotz der gemeldeten zum Teile starken Einzelversetzungen.

Abgesehen von der Beantwortung der eigentlichen Frage, die den Gegenstand der Untersuchung bildete, führt die Arbeit manchen Theoretikern von neuem vor Augen, welch wechselvolles, von schematischen Darstellungen abweichendes Bild die Strömungen in begrenzten Zeitabschnitten in Wirklichkeit bieten. Es handelt sich in der Darstellung um den ersten Versuch, eine Art Augenblicksbild von einer Strömung zu entwerfen in ähnlicher Weise, wie die täglichen synoptischen Wetterkarten vom Nordatlantischen Ozeane in bezug auf Wind und Wetter seit Jahren es gewähren. „Daß das Bild nicht im strengen Sinne ein Augenblicksbild ist, liegt einmal im Wesen der zugrunde liegenden Stromversetzungen und sodann in der beschränkten Zahl von Beobachtungen begründet. Welche Aussichten für die Forschung würden sich eröffnen, wenn es in solchen Fällen oder auch überhaupt möglich wäre, einen allgemeinen internationalen Austausch der maritimen Beobachtungen herbeizuführen! Wenn z. B. in dem vorliegenden Falle der Deutschen Seewarte auch die holländischen, englischen und amerikanischen Beobachtungen zur Verfügung hätten stehen können, so würde es voraussichtlich möglich gewesen sein, ein einigermaßen befriedigendes Bild der Strömungsverhältnisse von 24 zu 24 Stunden zu entwerfen. Immerhin läßt auch die Zusammenfassung der Beobachtungen von einigen wenigen Tagen einen tiefen Blick tun in die tatsächlichen Bewegungsvorgänge der Meeresoberfläche, die ihrem ganzen Wesen nach diskontinuierlich sind; dies gilt auch dann, wenn wir — wie es sachgemäß ist — die ganz schwachen Versetzungen (etwa bis zu neun Seemeilen im Etmal im vorliegenden Falle) außer Acht lassen.“

Der Einfluß der Eisschmelze auf die Meerströmungen ist in den letzten Jahren von O. Pettersson unter Zugrundelegung von Laboratoriumsversuchen über die Eisschmelze in Seewasser eingehend studiert worden. Schon vor fünf Jahren ist er zu dem Ergebnisse gekommen, daß durch das Schmelzen von Eis in salzhaltigem Wasser Strömungen hervorgerufen werden. Eine Darstellung der Petterssonschen Studien und Ergebnisse gibt R. Lütgens[1]), der das folgende entnommen ist.

Die gesamte stromerzeugende Kraft beim Eisschmelzen berechnet Pettersson auf 0.013 91 · *l* Kilogrammeter per Kilogramm geschmolzenen Eises. Er findet ferner, daß der Betrag an Arbeit, der beim Schmelzen von Eis in Seewasser frei wird, proportional dem spezifischen Gewichte des Wassers ist. Im Süßwasser ist deshalb die Arbeit gleich Null. Ferner ist die Energie proportional der Tiefe des untergetauchten Teiles, so daß bei einem Eisberge von 500 *m* Tiefe eine Energie von ungefähr sieben Kilogrammetern erforderlich ist. Die zur

1) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 150 u. ff.

Leistung der Arbeit nötige Wärme wird dem umgebenden Wasser, das in Berührung mit dem Eise auf — 1.9° abgekühlt wird, entnommen. Teils sinkt dann das Wasser und bildet die kalten Bodenschichten der Ozeane, teils aber mischt es sich mit dem Schmelzwasser zum Oberflächenstrome. Da nun das Wasser in unmittelbarer Nähe des Eises den Schmelzprozeß nicht lange unterhalten kann, und das abgekühlte Wasser aufsteigt oder sinkt, muß notwendig anderes Wasser herbeifließen und so die Rolle einer Unterströmung übernehmen. Dies ist die im europäischen Nordmeere als atlantisches Wasser bezeichnete Schicht zwischen dem abgekühlten Oberflächenwasser und dem kalten arktischen Bodenwasser. Das arktische Bodenwasser ist also nur durch die Eisschmelze verwandeltes atlantisches Wasser.

Im Jahre der Ingolfexpedition (1896) bestand zwischen Island und Jan Mayen im Mai eine zusammenhängende Eiskante von 300 *km* Länge. Bis Juli waren diese Eismassen geschmolzen und die Energie zur Unterhaltung des ostisländischen Polarstromes verwandt. Aus dem Querschnitte und der Geschwindigkeit des Stromes berechnet Pettersson unter der Annahme, daß das Wasser des ostisländischen Polarstromes aus etwa $^1/_{18}$ Schmelzwasser und $^{17}/_{18}$ atlantischem Wasser besteht, die zur Erzeugung und Unterhaltung der Strömung entwickelte Arbeit auf rund 400 000 Pferdekräfte. Es sind also in der Gegend, in der jährlich Eis in größerm Maße schmilzt, drei Strömungen vorhanden. An der Oberfläche fließt der Polarstrom, der das Mischwasser der Eisschmelze und des abgekühlten atlantischen Wassers fortführt. Für den Ersatz sorgt der warme atlantische Unterstrom. In der Tiefe befindet sich das arktische Wasser, das langsam niedern Breiten zugedrängt wird. Wo immer die Tiefe der Meeresräume dieses dreifache Strömungssystem zuläßt, da schmilzt das Eis, und wo der warme Unterstrom nicht eindringen kann, wie z. B. an der Küste Grönlands und Labradors, da treiben Eismassen weit nach Süden.

Die große, bei der Eisschmelze frei werdende Energie vermag eine Strömung in ihr sonst nicht zukommende Richtungen zu zwingen. Der ostisländische Polarstrom müßte dem Einflusse der Erdrotation folgend nach Südwesten fließen. Durch die Eisschmelze in SO.-Richtung zu den Faröerinseln beschleunigt, kann er, wenn auch als Unterstrom, die norwegische Küste und durch die norwegische Rinne das Skagerrak und Kattegat erreichen. In umgekehrter Richtung wirkt die Eisschmelze auf den atlantischen Strom. Von der nordöstlichen Hauptrichtung zweigt nördlich und südlich von Jan Mayen je ein Teil der Strömung ab, um als Unterstrom westwärts setzend den Schmelzprozeß zu unterhalten und die abfließenden Massen zu ersetzen. Die Tatsache der drei durch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede gekennzeichneten Strömungen ist durch Messungen bei Lotungen festgelegt.

Gestützt auf die Ergebnisse der Lotungen im Juli und August 1900 erkennt Pettersson als die wichtigste treibende Kraft bei der Wasserzirkulation des norwegischen Meeres den Eisschmelzprozeß in seinem westlichen und nordwestlichen Teile. Von hier aus wird das kalte Wasser in zwei verschiedenen Strömungen an der Oberfläche und am Grunde nach Süden und Osten gesandt. Der polare Oberflächenstrom, Ostgrönlandstrom genannt, sendet einen Zweig südwärts durch die Dänemarkstraße an der Küste Grönlands entlang. Seine Eismassen werden, solange sie sich an der Küstenbank halten, nicht angegriffen. Westlich vom Kap Farewell geraten sie aber in das tiefere Wasser der Davisstraße, wo sie der warme Unterstrom angreift und zum Schmelzen bringt. Der andere Arm ist der ostisländische Polarstrom, der sich wieder in zwei Zweige teilt. Einer folgt der Küste Islands, während der andere an der nördlichen Seite der Island-Faröerbank einen südöstlichen Kurs nimmt. Die Eisführung dieser Ströme wechselt in den verschiedenen Jahren stark. So war 1902 ein schweres Eisjahr, in dem Island blockiert war. Pettersson erklärt dies durch den Wechsel der Wassermenge des atlantischen Stromes, der in das norwegische Meer eintritt.

Der atlantische Strom dringt in der Hauptsache über den Wyville-Thomsonrücken in das norwegische Meer. Er geht geschlossen in der Richtung des Meridianes von Greenwich bis fast zu 70° nördl. Br. weiter. Hier teilt er sich in vier Arme. Die zwei ersten gehen genau westlich zur Küste Grönlands, einer südlich, der andere nördlich von Jan Mayen. Nur kurze Zeit fließen sie als Oberflächenstrom, dann tauchen sie unter den Polarstrom. Der dritte Arm geht nordwärts nach Spitzbergen und später gleichfalls als Unterstrom in das Nordpolarbecken, wo Nansen ihn nachgewiesen hat, während der vierte nach Osten in die Barentssee dringt. Jeder dieser Ströme kann nachgewiesen werden. An der Oberfläche zeigen eisfreie Gebiete die warme Strömung an. In den mittlern Tiefen ergibt sich durch Messungen in der arktischen Region in 60 *m* bis etwa 300 *m* Tiefe ein Maximum von Salzgehalt und Temperatur, durch das der Unterstrom leicht erkennbar ist.

Auch der Polarstrom taucht schließlich unter, läßt sich aber noch weit verfolgen, und zwar in drei Richtungen. Ein Teil der Strömung geht über die Faröer-Islandbank, ein anderer über den Wyville-Thomsonrücken, während der dritte Arm durch die norwegische Rinne in das Skagerrak und Kattegat dringt, um hier vor allem für die Fischereiverhältnisse von grundlegender Bedeutung zu sein.

Um die Verhältnisse in den Eisfjorden und den Teilen des Meeres, in die das atlantische Wasser nur spärlich oder auf indirektem Wege gelangt, zu erläutern, hat Pettersson ebenfalls Laboratoriumsversuche gemacht, aus denen sich folgende drei Sätze ergeben, die also für Meeresteile mit begrenzter Warmwasserzufuhr gelten: 1. Das

Maximum von Salzgehalt und Temperatur, das in arktischen Meeren, in die ein Warmwasserstrom frei eintritt, in den mittlern Schichten unter dem kalten Oberflächenwasser gefunden wird, existiert nicht. 2. Die langsame Temperaturabnahme, die man in den tiefern Teilen der arktischen Meere vorfindet, existiert gleichfalls nicht. 3. Die ganze Wassermasse gibt Wärme ab, und zwar die obern Schichten schneller, die mittlern und untern langsamer und gleichmäßiger. Das Eis, das in einer Schicht von frischem oder brackigem Wasser schwimmt, schmilzt auf Kosten der Wärme des untern und salzhaltigern Wassers. Verschiedene Expeditionen haben bei Lotungen in Fjorden diese Sätze bestätigt gefunden.

Die Ursachen der Meerströmungen beleuchtet Fridtjof Nansen.[1]) Er erwähnt, daß man bei der Diskussion dieses Problems sehr häufig den Fehler gemacht habe, vorauszusetzen, alle Meerströmungen hätten dieselben Ursachen oder gar nur eine Ursache, sei es der Wind oder Differenzen der Dichtigkeit des Meerwassers. Es gibt aber verschiedene Arten von Meerströmungen mit verschiedenen Ursachen; so ist z. B. der Ostgrönländische Polarstrom hauptsächlich eine reine Oberflächenströmung (100 bis 200 *m* tief), zum größten Teile von den Niederschlägen in den Polargegenden und besonders in Sibirien abhängig, aber auch von den Winden stark beeinflußt, während der Golf- oder Nordatlantische Strom eine viel größere und tiefere Strömung ist (500 bis 900 *m* tief), die jedenfalls zum großen Teile durch die Erwärmung des Meerwassers in den äquatorialen und die Abkühlung in den nördlichen Breiten bedingt ist. Die Winde haben aber auch einen sehr bedeutenden Einfluß auf diesen Strom, und ferner muß das Meerwasser, das der Ostgrönländische Polarstrom durch Mischung von Süßwasser oder salzarmem Wasser mit den unten liegenden Wasserschichten mit sich führt, durch Wasser aus dem Golfstrome ersetzt werden, und da der Ausfluß von Wasser aus dem Norwegischen Meerbecken und dem Nordpolbecken zum größten Teile durch den Ostgrönländischen Polarstrom (zwischen Island und Grönland) geschieht, so wird diese Ursache wahrscheinlich für die Bildung des Golfstromes im Norwegischen Meere, wo das schwere, abgekühlte Bodenwasser wegen des Faröer-Islandrückens in den Atlantischen Ozean nicht hinausfließen kann, sehr an Bedeutung gewinnen.

Drei Energiequellen können überhaupt als Ursachen der Meerströmungen herbeigezogen werden: die Eigenwärme der Erde, die anziehende Kraft fremder Himmelskörper und die Wärmestrahlung der Sonne. Von diesen ist nur die letztere tatsächlich von Bedeutung. Sie wirkt, wie Nansen hervorhebt, zum Teile indirekt a) durch die in der Atmosphäre erregte Zirkulation, die Winde, und durch deren

[1]) Petermanns Mitt. 1905. p. 1 ff.

Reibung auf der Meeroberfläche; wir nennen die dadurch erzeugten Strömungen Winddriften oder Windströmungen; zum Teile direkt, und zwar b) durch die Erwärmung des Meerwassers, wodurch Konvektions- oder Wärmeströmungen entstehen, oder c) durch Verdunstung von der Meeroberfläche und durch Niederschlag in andern Gegenden, wodurch Verdunstungs- und Niederschlagsströme entstehen.

Indem Nansen zunächst die Winddriften oder Windströmungen betrachtet, kommt er auf die Untersuchungen von Zöppritz zurück und betont nachdrücklich, daß durch dieselben das Problem nicht gelöst werde.

„Zöppritz", sagt er, „hat den bedeutungsvollen Fehler gemacht, daß er in seinen Berechnungen über die stromerregende Wirkung der Winde auf die Wasserschichten in verschiedenen Tiefen des Meeres, die ablenkende Wirkung der Erdrotation nicht berücksichtigte. Er scheint, wie viele andere, von der Voraussetzung ausgegangen zu sein, daß in allen Breiten der Erde die durch Reibung erzeugten Winddriften der Windrichtung folgen, während sie und Reibungsströmungen überhaupt, in der Tat ganz wie andere Strömungen eine starke Neigung haben müssen, durch die Erdrotation abgelenkt zu werden, und diese Neigung muß für horizontale Strömungen mit der geographischen Breite zunehmen. Wie dies schon bei der Bewegung des Oberflächenwassers der Fall ist, so muß es in noch höherm Grade bei derjenigen der tiefern Schichten sein, denn eine Wasserschicht, die von einer darüberliegenden durch Reibung in Bewegung gesetzt wird, kann sich nicht genau in derselben Richtung wie die letztere bewegen, da sie durch die Erdrotation abgelenkt wird. Die Reibung wirkt wie eine Kraft, und die dadurch erzeugte Bewegung muß der Resultanten aus dieser Kraft und der ablenkenden Kraft der Erdrotation (der Rotations- oder Ablenkungskraft) folgen. Die Ablenkung des Wassers, das durch Reibung von den Winden in Bewegung gesetzt wird, muß also mit der Tiefe mehr oder minder rasch wachsen, und, falls nicht Stauung an Küsten oder an Wasser anderer Meergebiete es verhindert, muß in einer bestimmten Tiefe die Strömung eine dem Winde entgegengesetzte Richtung haben, und in einer noch größern Tiefe wird sie nach einer ganzen Umdrehung wieder der Richtung des Windes folgen. Es geht hieraus klar hervor, daß im offenen Meere die Geschwindigkeit der Winddriften rasch mit der Tiefe abnehmen muß, auch wenn die Strömungen einen stationären Zustand erreicht haben.

Aus dem oben Gesagten geht weiter hervor, daß außerhalb des Äquators, wo die ablenkende Rotationskraft gleich Null ist, die Tiefe, welche eine Winddrift überhaupt erreichen kann, sehr beschränkt sein muß, und diese Tiefe muß mit wachsender geographischer Breite abnehmen; in der Tat ist die Tiefe umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Sinus der Polhöhe. Die stromer-

zeugende Wirkung des Windes kann folglich nicht, wie Zöppritz angenommen hat, im Laufe der Zeit durch Reibung an jede beliebige Tiefe übertragen werden.

Weiter ergibt sich, daß die maximale Oberflächengeschwindigkeit, welche ein von einem bestimmten Winde erzeugter Strom überhaupt erreichen kann, außerhalb des Äquators sehr begrenzt ist, und daß sie mit wachsender geographischer Breite abnehmen muß. Die Oberflächengeschwindigkeit einer Winddrift kann folglich auch nicht in einem unendlich tiefen Meere, wie Zöppritz angenommen hat, im Laufe der Zeit sich allmählich derjenigen des Windes nähern, sie kann nie mehr als ein Bruchteil derselben werden. Endlich muß eine Strömung, die von einem bestimmten Winde erzeugt wird, schon nach einer gewissen begrenzten Zeit tatsächlich ihren stationären Zustand erreichen, da sie nur eine gewisse begrenzte Tiefe erreichen kann. Dies stimmt auch gut mit den Beobachtungen. Die Annahme von Zöppritz, daß in einem unendlich tiefen Meere ein Windstrom, solange der Wind dauert, fortwährend an Tiefe und Stärke zunehmen muß, ist folglich nicht richtig.

Durch die Beobachtungen während der „Fram“-Drift im Polareise 1893 bis 1896 wurde bewiesen, daß die Bewegungsrichtung einer von einem bestimmten Winde erzeugten Drift immer einen ansehnlichen Winkel mit der Windrichtung bildet. Dieser Winkel war während der kurzen Windperioden jener Drift durchschnittlich ungefähr 28°, aber während der ganzen Drift wahrscheinlich ungefähr 37.5°, falls die Wirkung der permanenten Strömung eliminiert wird.

Dr. Gerhard Schott macht in seinem Buche: „Physische Meereskunde“, die Mitteilung, daß aus den Strommessungen auf dem Feuerschiffe „Adlergrund“ (zwischen Bornholm und Rügen) hervorgeht, daß eine Winkeldifferenz zwischen Strom und Wind besteht, „welche im Mittel für Adlergrund etwa 2½ Kompaßstriche oder rund 25° beträgt, und zwar liegt diese Abweichung in der großen Mehrzahl der Fälle hier nach rechts“. Die Strömungen sind hier in 5 *m* und 0 *m* Tiefe lange Zeit hindurch gemessen worden.

Dr. Walfrid Ekmann, der das Problem in einer Abhandlung über den Einfluß der Erdrotation auf die winderzeugten Strömungen mathematisch behandelt, kommt dabei zu dem Resultate, daß, wenn der Widerstand des Meeresbodens, der Küsten usw. nicht störend wirkt, die Bewegungsrichtung an der Oberfläche einer Winddrift überall auf der Erde außerhalb des Äquators einen Winkel von 45° mit der Windrichtung bildet. Die Tiefen, zu denen die merkbare stromerregende Wirkung der Winde im offenen Meere hinabdringen kann, sind von der Stärke des Windes unabhängig und sehr beschränkt. Dr. Ekmann findet ferner, daß die Winddriften schon in sehr kurzer Zeit (die nur Tage betragen kann) nach Beginn des Windes ihre stationäre Geschwindigkeit erreichen müssen.

Durch den Widerstand der Küsten und des unebenen Meeresbodens, wie auch durch den Anstau gegen die Wassermassen anderer Meeresgebiete kann aber, wie Nansen betont, die Tiefe der Winddriften wesentlich vergrößert werden. Auch müsse man berücksichtigen, daß durch die Sturzseen oder die sich überschlagenden Kämme der Wellen das Oberflächenwasser des Meeres vorwärtsgeschleudert und in viel stärkere Bewegung auch unter der Oberfläche versetzt werde, als nur durch die Reibung der Luft auf die glatte Wasserfläche möglich ist. Jedenfalls gehe indessen aus dem Erwähnten hervor, daß Zöppritz zu verhängnisvollen Fehlschlüssen kommen mußte, indem er die ablenkende Kraft der Erdrotation bei seinen Berechnungen nicht berücksichtigte; seine Argumentation gelte überhaupt nur für den Äquator. Falls er recht hätte, sollte man erwarten, daß z. B. die Äquatorialströme oder andere große Meerströmungen bis auf den Meerboden reichen, während sie nur eine sehr beschränkte Tiefe haben.

Zöppritz hat nach Nansen noch einen andern verhängnisvollen Fehler dadurch gemacht, daß er den experimentellen Koeffizienten für die innere Reibung des Wassers zu seinen Berechnungen benutzte. Dieser Koeffizient (0.014) sei ganz unbrauchbar für die Berechnung von Meerströmungen; der Widerstand des Wassers durch Reibung, Wirbelströmungen, Grenzwellen usw. ist vielleicht 10 000- oder 100 000 mal so groß oder noch größer.

Nansen besteht nachdrücklich darauf, daß die Winde keine andauernde Meereszirkulation hervorrufen können, wenn sie der durch die Driftunterschiede des Wassers bedingten Bewegungsrichtung des Wassers entgegenwirken. Es wäre, sagt er, z. B. unmöglich, daß die Winde, welche Richtung sie auch haben mögen, auf die Dauer den Transport von warmem Wasser von den Tropen gegen die kalten Zonen verhindern könnten, wie sie auch nicht auf die Dauer das Ausfließen des leichten, salzarmen Oberflächenwassers aus dem Nordpolarbecken oder aus der Ostsee hindern könnten. Die Winde haben jedoch einen sehr starken Einfluß auf die Geschwindigkeit der Meerströme. Aber es ist klar, daß der Urgrund oder die erste Bedingung der wesentlichen Zirkulation des Meeres die ungleiche Verteilung der Dichte des Meerwassers ist. Die großen Dichtedifferenzen hängen hauptsächlich von der Temperatur und nicht von dem Salzgehalte ab; in ihren großen Zügen folgen die Isopyknen (Linien gleicher Dichte) den Isothermen und nicht den Isohalinen. Jedenfalls wird die Hauptrichtung, wenn auch nicht die Geschwindigkeit der großen Meereszirkulation, durch die Wärme, die das Meer direkt von der Sonne empfängt, bedingt. Da die Menge von Salz, die von den tropischen Meeren durch die Ströme fortgeführt wird, immer derjenigen, die zugeführt wird, gleich sein muß, so kann auf diese Weise, ohne Verdunstung und Niederschlag, keine stationäre Bewegung erzeugt werden. Dagegen sind

die Wärmemengen, die von den tropischen Meeren durch die Meerströmungen fortgeführt werden, weit größer als diejenigen, die durch Strömungen zugeführt werden, und da haben wir die fundamentale Ursache.“

Die stromerzeugende Kraft (Gradientkraft) der Dichtedifferenzen läßt sich berechnen, wenn die Dichte des Wassers in den verschiedenen Teilen des Meeres bekannt ist. Im ganzen norwegischen Meere, sagt Nansen, kennen wir jetzt durch die norwegischen Untersuchungen der letzten Jahre die vertikale Verteilung der Dichte ziemlich genau, im Atlantischen Ozeane und auch in den andern Teilen des Weltmeeres ist leider unsere Kenntnis in dieser Beziehung ziemlich mangelhaft, und aus den tropischen Meeren liegen noch keine vertikalen Reihen genauerer Beobachtungen vor. Nimmt man nun an, fährt Nansen fort, daß die Dichtedifferenzen hauptsächlich nur in den obern 500 *m* bedeutend sind, und ferner, daß die durchschnittliche Dichte dieser 500 *m* oder 50 000 *cm* Wasser in 24° n. Br. im Atlantischen Ozeane = 1.0257 ist, während sie in 74° n. Br. im Norwegischen Meere = 1.0281 ist, so findet sich, daß auf Grund dieser Dichtedifferenz das Meer in 24° n. Br. ungefähr 1.175 *m* oder 117,5 *cm* höher als in 74° n. Br. stehen muß.

Die dadurch entstehende Gradientkraft würde einen Strom erzeugen mit einem Zuwachse der Oberflächengeschwindigkeit von 0.0001 *cm* in der Sekunde oder von 9 *cm* in 24 Stunden, wenn das Wasser keiner Reibung unterworfen wäre, und andere Kräfte, besonders die Ablenkung durch Erdrotation, nicht einwirkten.

Nansen betrachtet die Wirkung der Erdrotation auf die Wärmezirkulation des Meeres und beschreibt ein einfaches Experiment als Ausgangspunkt für die Untersuchung, wie auf einer vollständig von Meer bedeckten, also kontinentlosen, Erde, das in den Tropen erwärmte und leichter gemachte Wasser sich bewegen würde, falls es allein den Wirkungen der (oben erwähnten) Gradientkraft und der Erdrotation ausgesetzt wäre. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß dieses leichtere Wasser, allein von der Gradientkraft getrieben, sich durch eine zirkumpolare Spiralströmung ganz langsam gegen den Pol ausbreiten muß, und daß die Geschwindigkeit, mit welcher es sich dem Pole nähert, von dem Widerstande des Wassers abhängig ist.

„Wird in den Äquatorialgegenden fortwährend leichteres Wasser durch Wärmezufuhr (Sonnenstrahlung) gebildet und das Wasser in den Polargegenden abgekühlt, so muß eine kontinuierliche Zirkulation zwischen Äquator und Pol entstehen. Falls die Erde nicht rotierte, würde diese Zirkulation durch direkte Strömungen zwischen Äquator und Pol vermittelt werden, deren stationäre Geschwindigkeit von dem Reibungswiderstande usw. abhängig wäre. Auf der rotierenden Erde setzt sich die Zirkulation in zirkumpolare Spiralströmungen um, deren Widerstand und folglich auch deren

stationäre Geschwindigkeit von derselben Größenordnung wie auf der stillstehenden Erde sein werden, deren Weg aber vielmals länger wird. Der tatsächliche Wasseraustausch zwischen Äquator und Pol wird folglich durch die Rotation ungefähr so viel vermindert, wie der Stromweg verlängert wird. Da sich das Wasser um so viel länger in jeder Zone bewegt, muß die Erwärmung in den warmen Zonen und die Abkühlung in den kalten Zonen entsprechend gesteigert werden; die Wärmedifferenz zwischen Äquatorialwasser und Polarwasser muß folglich ungefähr um so viel größer als auf der stillstehenden Erde werden, als die Strömungsbahn durch die Rotation verlängert wird. Ferner muß die Dichtedifferenz zwischen äquatorialem und polarem Meerwasser durch die Rotation der Erde um so viel vergrößert werden, daß die durch diese Dichtedifferenz bedingte Gradientkraft dieselbe Größe erreicht, wie die durch die Erdrotation erzeugte Ablenkungskraft einer Strömung, die sich mit annähernd derselben Geschwindigkeit wie die stationären Strömungen auf der stillstehenden Erde bewegt. Falls wir also auf einer rotierenden kontinentlosen Erde die Gradientkraft zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden durch Dichtebeobachtungen bestimmen könnten und falls die Meerströmungen allein von dieser Gradientkraft erzeugt würden, so könnten wir verhältnismäßig leicht die mögliche Geschwindigkeit der Meerströmungen bestimmen. Jedoch muß man berücksichtigen, daß die Zirkulationskurven der einzelnen Wasserteilchen des Meeres zwar kontinuierlich sind, daß sich aber an den verschiedenen Teilen dieser Kurven das Wasser in Ebenen bewegt, die verschiedene Winkel mit der Rotationsachse bilden, und daß folglich sich die Ablenkungskraft fortwährend ändert. In dem aufsteigenden Teile der Zirkulationskurven, wo das kalte Tiefenwasser in der Nähe der Wendekreise gegen die Oberfläche gehoben wird, wird dieses aufsteigende Wasser durch die Erdrotation stark gegen W abgelenkt, und es werden hier westlich gehende Oberflächenströmungen wie die jetzigen Äquatorialströmungen gebildet. Das Wasser dieser Strömungen wird erst allmählich in östlich gehenden Spiralströmungen gegen die Pole abgelenkt werden können.

Denken wir uns aber jetzt, fährt Nansen fort, anstatt einer kontinentlosen Erde eine solche, wo die Kontinente so angeordnet sind, daß sie schmale meridionale Meerrinnen (mit glatten Küsten) begrenzen, die vom Äquator nach den Polen gehen. Auf dieser Erde wird das Meerwasser in derselben Weise in den Äquatorialgegenden erwärmt und in den Polargegenden abgekühlt. In den schmalen meridionalen Rinnen kann das Wasser aber nicht durch die Erdrotation abgelenkt werden (jedenfalls nicht mehr als in einem Flusse), und die Zirkulation zwischen Äquator und Pol muß in einer ähnlichen Weise wie auf der stillstehenden Erde stattfinden, wenn man nicht berücksichtigt, daß der Widerstand durch die Reibung

gegen die Seiten (Küsten) der Rinnen vergrößert wird. In einer solchen Rinne wird die Dichte- oder Wärmedifferenz des Meerwassers zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden viel kleiner sein als auf einer kontinentlosen Erde oder auf einer Erde mit großen zirkumpolaren Meeren. Sie wird ungefähr dieselbe sein, wie auf einer stillstehenden Erde, wenn man von dem vergrößerten Widerstande und von dem Einflusse der Kontinente auf die Temperatur absieht, und annähernd um so viel kleiner gegenüber der rotierenden kontinentlosen Erde, als der direkte Weg zwischen Äquatorial- und Polargegenden kürzer ist als die zirkumpolaren Spiralbahnen der Strömungen.

Auf der wirklichen Erde haben wir aber verschiedene Übergangsformen zwischen den beiden Grundformen. Die Südsee ist ein zirkumpolares Meer, kaum unterbrochen von Kontinenten, und hier kann daher die Zirkulation zum Teile durch zirkumpolare Spiralströmungen vor sich gehen. In dem Atlantischen Ozeane haben wir einen beinahe meridionalen Meerarm, der von dem Antarktischen Meere nach dem Nordpole reicht. Diese meridionale Rinne ist zwar breit, aber zirkumpolare Spiralströmungen werden doch da verhindert, und die Strömungen können nur zum Teile durch die Erdrotation abgelenkt werden. Nur müsse eine direktere Zirkulation und folglich ein lebhafterer Wärmeaustausch durch das Meerwasser zwischen den äquatorialen und nordpolaren Gegenden stattfinden. Sehr beachtenswert ist aber, daß die Unebenheit des Meerbodens auch einen sehr großen Einfluß auf die Zirkulation des Meeres ausübt. In dieser Beziehung ist z. B. der unterseeische Rücken zwischen Schottland, Faröer, Island und Grönland von großer Bedeutung.

Nach dem oben Gesagten sollte man, betont Nansen, erwarten, daß die Gradientkraft oder die Dichtedifferenz des Meerwassers gegenüber der stillstehenden Erde in dem Atlantischen Ozeane unter sonst gleichen Bedingungen ungefähr so viel größer ist, als der von den Strömungen tatsächlich zurückgelegte Weg länger ist, als der direkte Weg zwischen den beiden Gegenden, oder, um es anders auszudrücken, die beobachtete Gradientkraft müßte eine stationäre Geschwindigkeit erzeugen, die ungefähr um so viel kleiner als auf einer stillstehenden Erde ist, als der direkte Weg durch die Ablenkung verlängert wird. Dagegen sei indessen zu berücksichtigen, daß Meerströmungen durch die Erdrotation gegen die unebenen Küsten der Kontinente gedrängt werden, und dadurch der Widerstand vergrößert werde. Von Bedeutung in dieser Beziehung sei auch wahrscheinlich, daß die Geschwindigkeit der Strömung nicht in allen Schichten der Gradientkraft in derselben Schicht proportional ist. Demnach könne die Ablenkung der Ströme durch die Erdrotation nicht in allen Schichten dieselbe sein; durch diese Drehung der Stromrichtung nach der Tiefe zu müsse aber die Reibung

zwischen den bewegten Wasserschichten gesteigert werden, und da so der Widerstand vergrößert werde, müsse die Geschwindigkeit der Strömungen entsprechend vermindert werden.

Nansen gibt zu, daß wenn auch die primäre Ursache der großen Meerzirkulation in Dichteunterschieden des Meerwassers zu suchen sei, doch der Wind jedenfalls auch einen bedeutenden Einfluß auf die Oberflächenströmungen ausübe, und es sei ihm wahrscheinlich, daß die Veränderungen der Meerströmungen von einem zum andern Jahre zum großen Teile durch Veränderungen in den Windverhältnissen erzeugt würden. Die periodische jährliche Veränderlichkeit der Meerströmungen, d. h. die von einer Jahreszeit zur andern, sei nicht nur den Winden, sondern wahrscheinlich in noch höherm Grade den Veränderungen in der Erwärmung und Abkühlung der Meeroberfläche zuzuschreiben. Wenn z. B. der Golfstrom am Ende des Sommers einen beinahe stationären Zustand erreicht hat, so müsse wahrscheinlich die Abkühlung während des Winters, z. B. im nördlichen Atlantischen Ozeane, die Geschwindigkeit wie auch die Breite des Stromes vermindern, denn dadurch wird die Dichtedifferenz zwischen dem Golfstromwasser und dem nördlichen kalten Wasser stark vermindert.

Nansen wendet sich nun zu den durch Verdunstung und Niederschlag entstehenden Strömungen des Meeres. Infolge der Niederschläge werden die oberflächlichen Wasserschichten des Meeres salzärmer, besonders in den höhern Breiten, wo die Verdunstung verhältnismäßig unbedeutend ist. „Wenn die Unterschiede des Salzgehaltes genügend groß sind, kann trotz der Temperaturdifferenzen das Oberflächenwasser in hohen Breiten leichter werden als in niedern, und es wird dann eine Neigung haben, nach den letztern zu strömen. Dies kann von den Winden auf die Dauer nicht verhindert werden. Falls sie in der entgegengesetzten Richtung wirken, können sie nur eine größere Anhäufung des salzarmen Oberflächenwassers oder Änderungen in der Bahn des Stromes hervorrufen. Daher müssen, wo die genannten Bedingungen vorhanden sind, kalte Oberflächenströme entstehen, die Wasser mit verhältnismäßig niedrigem Salzgehalte von höhern und niedern Breiten führen. Widrige Winde können die Geschwindigkeit dieser Ströme vermindern, aber zu gleicher Zeit ihre Tiefe vergrößern, während günstige Winde die Geschwindigkeit vergrößern und die Tiefe vermindern. Ein gutes Beispiel eines solchen Niederschlagsstromes ist der Ostgrönländische Polarstrom, der aus dem Nordpolarbecken kommt. Die Küstenströmungen von leichtem Küstenwasser werden in ähnlicher Weise gebildet. Der baltische Strom aus der Ostsee entsteht auch in dieser Weise.“

Die durch Verdunstung und Niederschlag erzeugte Zirkulation, die die polaren Oberflächenströme bildet, läuft zum Teile in einer Richtung, die derjenigen der großen Wärmezirkulation des Meeres

entgegengesetzt ist. Die letztere besteht in ihren Hauptzügen in einem Transporte von warmem, leichtem Oberflächenwasser von den Wendekreisen gegen die Pole und von kaltem, schwerem Tiefenwasser gegen die Wendekreise. Die Verdunstungs- und Niederschlagszirkulation muß daher für sich als eine eigene Oberflächenzirkulation ausgeschieden werden.

Quellen und Höhlen.

Die Elbequelle. Am 20. September 1904 wurde die bisher noch niemals beobachtete Erscheinung festgestellt, daß die Elbequelle vollkommen versiecht war, und daß der gemauerte Quellenkranz des Elbebrunnens kein Wasser enthielt. Trotzdem nun inzwischen der Kamm des Riesengebirges reichliche Niederschläge verzeichnen konnte, so ist und bleibt die alte Elbequelle verschwunden. Der gemauerte Brunnen, an dessen steinernem Kranze ein schwarzer Rand den gewöhnlichen Wasserstand der Elbequelle anzeigt (etwa 50 *cm*), ist gegenwärtig allerdings mit etwas Wasser etwa 5 *cm* hoch gefüllt. Dieser Wasserinhalt rührt aber, wie der Augenschein klar zeigt, nur von eingeströmtem Regen und nicht von einer aus dem Untergrunde kommenden Quelle her. Während der Zeit der Dürre scheinen die Wasser, die früher dem Elbebrunnen entstiegen und dem Beschauer bei lebhafter Entwicklung von Gasen einen erfreulichen Anblick boten, einen andern Ausweg gesucht zu haben. Jedenfalls kann gegenwärtig — so schreibt man der „Schlesischen Zeitung“ — der steingefaßte Elbebrunnen nur als das Sammelbecken von Niederschlägen, nicht aber als das einer aus dem Erdinnern entspringenden Quelle gelten.[1])

Die Wiesbadener Thermalquellen und deren Radioaktivität hat Dr. Ferd. Henrich (Graz) untersucht. Er hat auf photographischem und elektrometrischem Wege festgestellt, daß Gas, Wasser und Sinter der bedeutendsten Wiesbadener Thermalquellen stark radioaktiv sind. Beim Nachweise auf photographischem Wege wurde zuerst der Schwefelwasserstoff aus dem Gase entfernt, der — freilich in sehr geringer Menge — den Gasen stets beigemischt ist. Die Gase bestehen vorzugsweise aus Kohlensäure, wenig Sauerstoff, Stickstoff, Argon und einem radioaktiven Gas (Emanation). Als die Kohlensäure entfernt war, erwies sich das übrig bleibende Gas als viel bedeutender radioaktiv. Indem das schon von der Kohlensäure befreite Gas über glühendem Magnesiumkalkgemisch hin- und herbewegt wurde, entfernte Verfasser auch die größte Menge Sauerstoff und Stickstoff aus dem Gase. Nun war die Radioaktivität

[1]) Mitteil. d. Geogr. Ges. in Wien 1905. p. 167.

zu solchem Betrage gestiegen, daß eine geringe Menge des Gases ein auf 180 Volt geladenes Elektrometer in vier Minuten völlig entlud, während die gleiche Menge nur von Kohlensäure befreiten Gases vorher in fünfzehn Minuten nur 16.8 Volt zerstreut hatte.

Das von der Kohlensäure befreite Gas zeigte nach vier Tagen nur noch die Hälfte des ursprünglichen Zerstreuungsvermögens. Ein Übergang der Emanation in Helium konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden, doch sind die Versuche darüber noch nicht abgeschlossen.

Die gleiche Emanation wie im Gase befindet sich im Wasser. Die Radioaktivität des letztern wurde dadurch bestimmt, daß man es zwanzig Minuten lang auskochte und die entweichenden Gase am Elektrometer prüfte.

Während Gas und Wasser ihre Radioaktivität relativ rasch verlieren, halten die Sinter sie lange fest. Sinter, welche vor Jahrzehnten aus der Quelle entnommen wurden, zeigten zum Teile noch ein sehr bedeutendes Zerstreuungsvermögen. Es sollen große Mengen von Sinter auf den radioaktiven Bestandteil hin verarbeitet werden.[1])

Die Quellen der böhmischen Bädergruppe in bezug auf ihre Radioaktivität sind von H. Mache und Stefan Meyer untersucht worden.[2]) Es handelt sich um die Quellwasser von Karlsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau-Dux und St. Joachimsthal. Folgendes sind die Hauptergebnisse: Aus den quantitativen Zusammenstellungen des Emanationsgehaltes in den Quellen der einzelnen Badeorte erhellt zunächst, daß dieser Gehalt am gleichen Orte von Quelle zu Quelle sehr verschieden sein kann. Die Untersuchung eines Quellenkomplexes auf Radioaktivität kann somit nicht auf einzelne Wässer oder Gase beschränkt werden. So schwanken die gegebenen absoluten Werte des Sättigungsstromes in E. S. E. ($i \times 10^3$) für die Wässer in Karlsbad zwischen 38,4 und 0,99, für Marienbad zwischen 6,78 und 0,66, für Teplitz-Schönau-Dux zwischen 8,73 und 3,13, endlich für Franzensbad zwischen 0,96 und 0,13. In Karlsbad zeigte sich weiter, daß die im Thermalgebiete entspringenden kalten Eisenquellen zum Teile die Thermen an Emanationsgehalt übertreffen, sowie, daß unter den eigentlichen Thermen die kühlern vor den heißen begünstigt erscheinen. In Teplitz-Schönau und Franzensbad ließ sich ein Zusammenhang mit dem geologischen Aufbaue vermuten.

In St. Joachimsthal führt das Grubenwasser große Mengen von Emanation, und zwar ist es um so reicher, in je größerer Tiefe es ausbricht. Das zu unterst entnommene wies den größten Emana-

[1]) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien 1904. p. 320.
[2]) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien **115**. Abt. II p. 355.

tionsgehalt auf, der bisher überhaupt im Wasser einer Quelle gefunden wurde ($i \times 10^3 = 185$ E. S. E.).

Das Verhältnis der in gleichem Volumen Quellwasser und -gas enthaltenen Emanation weist in gasarmen Quellen den auch sonst an Wasseremanation gefundenen, mit steigender Temperatur sinkenden Wert auf. Wesentlich höher liegt dieser Wert bei den gasreichen Quellen von Franzensbad, Marienbad und Karlsbad, woraus geschlossen werden kann, daß das Gas seinen Emanationsgehalt dem Wasser entnimmt und in diesen Fällen den Gleichgewichtszustand nicht erreicht.

Die Zerfallsgeschwindigkeit der Quellemanation von den vier untersuchten Badeorten erfolgt exakt nach einem Exponentialgesetze, mit Konstanten, welche sich den für Radiumemanation erhaltenen Werten gut anschließen. Desgleichen zeigt der Gang des Abklingens der induzierten Aktivität vollkommene Analogie mit Radiuminduktion. Auch die induzierte Aktivität, welche durch die Emanation erzeugt wird, die sich aus den vorhandenen aktiven Sedimenten (Barytkristalle aus Karlsbad und aus der Riesenquelle bei Dux) entwickelt, folgt demselben Gesetze. Thor ist hier nicht nachweisbar.“

Aus dem Gesamtverhalten schließen die Verfasser, daß die Natur der Emanationen in den untersuchten Quellen untereinander gleichartig ist und mit der von Radiumemanation identisch sein dürfte.

Die Gasquelle auf Kokskär schildert in den „Mitteilungen aus dem Untersuchungslaboratorium Reval“ Henry von Winkler. Etwa 21 *km* nördlich der estländischen Küste auf 25° 3′ Länge und 59° 41′ Breite befindet sich der Leuchtturm Kokskär, der seinen Namen von der Insel erhalten hat, auf der er steht. Der Name ist schwedischen Ursprunges und bedeutet etwa soviel wie Brodelriff. Was diese kaum ⅓ *qkm* Flächenraum einnehmende Insel in höchstem Grade interessant macht, ist das Vorhandensein eines größern Gasvorrates im Inselmassive, der bei Gelegenheit einiger Brunnenbohrungen mit elementarer Gewalt zutage trat. Es ist hervorzuheben, daß die Insel nur wenig über den Meerspiegel emporragt, und Sturmfluten beträchtliche Teile unter Wasser setzen können. Daher kann es nicht Wunder nehmen, daß Süßwasser auf der Oberfläche und in dem einzigen vorhandenen Flachbrunnen nur in ungenügender Qualität anzutreffen ist. Im November 1902 enthielt das dortige Trinkwasser 230 *mg* Chlor, entsprechend 379,5 *mg* Kochsalz in 1 *l*. Verunreinigungen durch Abgänge des menschlichen Haushaltes waren ausgeschlossen. Zu den besondern Eigentümlichkeiten der Insel gehört es, daß das Brunnenwasser von Insektenlarven nicht frei zu halten ist und zu Zeiten davon wimmelt, für die Inselbewohner, elf an der Zahl, ein wenig appetitlicher Anblick. —

Ein zoologisches Interesse verdient der fast völlige Mangel an Singvögeln, das Überhandnehmen einzelner Repräsentanten der Insektenwelt und die Anpassung letzterer an den höchst dürftigen Pflanzenwuchs. Um der Trinkwasserkalamität ein Ende zu machen, beschloß die russische Regierung, den Versuch zur Erbohrung eines artesischen Brunnens machen zu lassen. Begonnen wurde mit den Arbeiten im Sommer 1902, doch erst nach wiederholten Probebohrungen ließ sich im folgenden Jahre die Tiefe von 112 *m* erreichen. Schon 30 *m* unter der Erdoberfläche machte sich Gas bemerkbar. Wasserführende Schichten sind jedoch bis zuletzt nicht erschlossen worden. Statt dessen entströmte dem 3-zölligen Bohrrohre mit großer Gewalt ein geruchloses und farbloses Gas, das angezündet mit helleuchtender Flamme brannte. Der Gasaustritt wird seit dem Mai 1903 mit anscheinend unverminderter Gewalt beobachtet. Diesbezügliche Druckmessungen stehen noch aus. Im Oktober desselben Jahres entnommene Gasproben ergaben: 79% Methan, 20,8% Wasserstoff im Mittel aus vier voneinander unabhängigen Analysen. Die größten Abweichungen voneinander betrugen 0,8%. Es ist daher als wahrscheinlich anzunehmen, daß kein oder so gut wie kein Stickstoff vorliegt. Gerade die Beantwortung dieser Frage wäre für die Beurteilung der Herkunft des Gases von Wichtigkeit.

Nach an Ort und Stelle ausgeführten Untersuchungen des Geologen A. von Mickwitz[1]) besteht die Insel aus einem Haufwerke archäischer Geschiebe, denen, wenn auch spärlich, solche aus unterkambrischen Sandsteinen beigemengt sind. Bodenproben aus der Tiefe und noch mehr kartographische Aufzeichnungen verschiedener, durch den Mittelpunkt der Insel geführter Profile des Meeresbodens, legen die Überzeugung nahe, daß hier ein typisches Osar (Ås) vorliegt, was auch mit den einschlägigen Theorien über die Bildungsgeschichte der estländischen Küste in vorzüglicher Übereinstimmung steht. Der Meeresboden nördlich und südlich der Insel paßt sich einer Gletscherbettlinie mit einem Winkel von etwa zehn Bogenminuten an. Nach der Hypothese desselben Geologen[2]) hat ein großer Inlandeisgletscher bei seinem Absteigen in den finnischen Meerbusen und bei seinem Vorrücken auf demselben alle tierischen und pflanzlichen Organismen des Meeres, lebende wie tote, samt den weichen unterkambrischen Tonen, die den Meeresboden bildeten, vor sich hergeschoben, an der estländischen Steilküste zusammengekehrt, diese organischen Massen mit dem plastischen Tone verknetet und überdeckt, um schließlich darüberhinweg seinen Weg nach Süden fortzusetzen. Den in die Grundmoräne verkneteten Organismen verdankt das Gas seinen Ursprung. Dem chemischen Befunde

[1]) Revalsche Ztg. vom 11./24. März 1904. Sitzungsber. d. estländ. Vereins f. provinzielle Naturkunde vom 9. März 1904.

[2]) Revalsche Ztg. ebendaselbst.

nach wären die Ausgangsmaterialien in der Hauptmasse pflanzlichen Ursprunges gewesen. Nach ungefährer Berechnung, die sicher eher zu wenig als zu viel angibt, sind schon mindestens 60 000 *cbm* Gas verloren gegangen, was die Bedenken nahe legt, daß diese Quelle, trotz scheinbar unverminderter Kraft, ebenso wie die amerikanischen bei Pittsburg in absehbarer Zeit an Ergiebigkeit einbüßen dürfte, falls die Verschwendung anhält. Jedem *km* entspricht ein Verbrennungswert von etwa 15 300 Kal.[1])

Naturgemäß bildet die Beschaffung von Brennmaterial auf der Insel einen wichtigen Faktor, der bei der viermonatigen Isolierung durch Eis eine gewichtige Rolle spielt. Bislang dient Holz zur Beheizung, Petroleum zur Beleuchtung des Leuchtturmes und der anliegenden Wohnhäuser. Mit einer kaum 100 *m* langen Gasrohrleitung wäre beiden Zwecken gedient, und eine Energiequelle von selten bequemer Anwendungsfähigkeit nutzbar gemacht. Obwohl das Gasvorkommen in Lokalblättern und der weit verbreiteten St. Petersburger Zeitung zur Sprache gekommen ist, und auch von wissenschaftlicher Seite mehrfach Versuche gemacht worden sind, das Interesse für diesen Energievorrat zu wecken, haben Mangel an Initiative und erschwerende Umstände durch den Krieg, dazu geführt, daß nichts geschehen ist. Ebenfalls wäre zu wünschen, daß Entstehung und Ursache der Gasansammlung von geologischer Seite ausführlicher dargelegt würden als bisher.[2])

Über die Theorie der artesischen Quellen und einige damit zusammenhängende Erscheinungen verbreitete sich Jentzsch in der Deutschen geologischen Gesellschaft.[3]) Er stellte folgende Thesen auf:

1. Das einfache Prinzip kommunizierender Röhren genügt in manchen Fällen nicht zur Erklärung der artesischen Quellen.

2. Letztere sind nicht aus der Hydrostatik, sondern aus der Hydrodynamik in Verbindung mit Geodynamik und Physik zu erklären.

3. Insbesondere wirken dabei mit Gebirgsdruck, Kapillarität, Beweglichkeit der Sandkörner, osmotischer Druck; säkulare, jährliche oder tägliche Bewegungen der Erdmassen, sowie makro- und mikroseismische Schwingungen.

4. Die seismischen Schwingungen wirken insofern mit, als sie mit Überwindung des Kapillarwiderstandes das Gesteinswasser nach der Richtung des geringsten Widerstandes befördern.

In bezug auf die osmotischen Wirkungen wies er auf die weite Verbreitung von Chloriden und andern Salzen im Grundwasser

[1]) Berechnet nach Wolpert, die Heizung p. 13. **4**, aus Theorie und Praxis der Ventilation u. Heizung, 4. Aufl., 1904.

[2]) Chemiker-Ztg. 1905. p. 669.

[3]) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Ges. **56**. 2. Heft, Protokoll p. 5.

tieferer Erdschichten hin und zeigt an Beispielen aus dem nordöstlichen Deutschland, daß Chloride durch Diffusion Gesteinsschichten durchwandern können. Er zählt dann eine Anzahl solcher Salzvorkommen aus Ostpreußen, Westpreußen, Posen und Pommern auf, aus denen sich die flächenhafte Verbreitung schwachsalziger Grundwässer in der Kreideformation des deutschen Nordostens ergibt. Vermutlich sind die tiefern Kreideschichten jener Provinzen seit ihrer Ablagerung niemals einer durch relative Hebung bedingten Auslaugung unterworfen gewesen. Neben den Chloriden ist dort merkwürdig das Vorkommen von Natronkarbonat in den Kreidewässern von Königsberg, Pillau und Cranz in Ostpreußen, Elbing und Marienburg in Westpreußen. Da sie aus feldspatfreien, nur Quarz, Glaukonit und Kalkkarbonat enthaltenden Schichten fließen, und keine dem Natronkarbonat äquivalente Menge von Chlorkalzium führen, muß man annehmen, daß die bei zehn und mehr Atmosphären-gelöste Kohlensäure den Glaukonit eines Teiles seiner Alkalien beraubt, ihn also allmählich in ein relativ saureres Silikat umwandelt. Da die elektrische Leitfähigkeit jener salzigen Wässer das Vielfache der Leitfähigkeit andern Wassers beträgt, können dieselben den Verlauf der elektrischen Erdströme beeinflussen, worüber nähere Untersuchungen auszuführen sein werden.

Ausbruch eines Schlammvulkanes bei Baku. Am 23. November 1904 hatte der südwestlich von Baku gelegene Schlammvulkan Otman-Basy-Dag einen heftigen Ausbruch. Derselbe ist von einem kundigen Beobachter, dem russischen Bergingenieur D. Golubjatnikow, beschrieben worden, auch hat dieser den Vulkan gleich nach der Eruption bestiegen.[1]) Dem Beobachter wurde durch Arbeiter mitgeteilt, daß sie am 23. November (nach Petersburger Zeit) abends auf benachbarten Höhen ein Feuer gesehen hätten, als ob eine große Fontaine brenne. Genauere Nachforschungen, welche Golubjatnikow anstellte, ergaben, daß es sich um den obengenannten Schlammvulkan handelte. „Nach den Angaben vieler Augenzeugen erfolgte der Ausbruch plötzlich, ohne daß ein Geräusch oder Getöse vorher zu hören war. Die Erleuchtung der Gegend war sehr intensiv. Alle Berge waren bis zur halben Höhe, d. h. ca. 60 Klafter von den Flammen erhellt. — Um 7^h 12^m (nach Petersburger Zeit) erfolgte der erste Ausbruch, der fünf Minuten dauerte und sich — nach einer Pause von einigen Minuten — zweimal wiederholte. Nach der Aussage eines Beamten dauerten die Ausbrüche jedesmal über sieben Minuten, und neben der Feuersäule wurde noch eine andere, weißlich schimmernde Säule ausgeworfen, die wahrscheinlich aus Schlamm bestand. Ein Ausstoßen von Steinen und Wasserdampf wurde nicht beobachtet."

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1905. 7. p. 411.

Am dritten Tage nach dem Ausbruche bestieg der Berichterstatter den Berg, der 133 Klafter hoch ist und einem abgebrochenen Kegel gleicht. Er verdankt seine Entstehung dem ausgeworfenen Schlamme, und in seine Abhänge sind tiefe, schmale Schluchten eingerissen. Der obere Teil des Berges bildet ein kreisförmiges Plateau von 420 *m* Durchmesser, auf dem der Beobachter ein Jahr früher etwa 50 kleine Kuppen fand, jede 2 bis 6 *m* hoch, die ein leicht entzündliches, nach Naphtha riechendes Gas ausstießen, teils ununterbrochen, teils in Zwischenpausen. Nach dem 23. November zeigte sich das Plateau mit dem unlängst ausgeworfenen Schlamme bedeckt, in welchen Löcher von 20 *cm* bis 2 *m* Durchmesser gerissen waren. Von den frühern Kuppen fand sich keine Spur. Die Beschaffenheit der Oberfläche des Schlammes zeigte, daß sich auf der ganzen Fläche Gase entwickeln, welche große Schlammblasen bilden, nach deren Zerplatzen charakteristische ballonförmige Vertiefungen entstehen. Die Bildung der Gase ging noch jetzt vor sich, und man spürte schon von weitem einen starken Geruch von Kohlenwasserstoffgasen. Im Zentrum des Schlammkraters war Brodeln und Geräusch deutlich zu hören. Der alte Schlamm hatte sich am Rande der Vertiefung so verhärtet, daß man vorsichtig vorschreitend bis zu einer Stelle hinaufsteigen konnte, von der aus deutlich das Geräusch zu hören war. Dieses Getöse war unter der Oberfläche. Aus einer kleinen, etwa 25 *cm* tiefen Öffnung strömten mit Geräusch Gase, deren Temperatur über 50° betrug. Es war leider nicht möglich, das Thermometer tiefer hineinzubringen, um die Wärme im Innern zu messen, denn wenn man den Arm bis zum Ellbogen in die Öffnung brachte, so fühlte man eine so hohe Temperatur, daß sie nicht lange zu ertragen war. Die Gase hatten einen Naphthageruch und brannten beim Anzünden eines Zündholzes unter Explosion. Der ganze Ausbruch vom 10. November hatte den Charakter einer Explosion, bei welcher die Flammen nicht nur aus dem Zentrum des Kraters ausbrachen, welches jetzt mit Schlamm angefüllt ist, sondern auch aus einigen Rissen, welche die Oberfläche des Plateaus spalteten. Die Wirkung der Explosion zeigte sich an den verbrannten Rändern dieser Spalten, sowie an den verbrannten Zweigen der Gewächse, welche auf den ausgeworfenen und umgewendeten Erdklumpen lagen.

Das Lurloch bei Semriach. Von dieser im Jahre 1894 infolge der mehrtägigen Einsperrung einiger Personen vielgenannten Höhle gibt die „Öst. Tour.-Ztg.“ eine Schilderung. Der Name Lurloch ist das bescheidene Schild für ein weitverzweigtes, ausgedehntes Höhlensystem, das an zauberischen Eindrücken hinter den berühmten Karstgrotten kaum zurückstehen dürfte. Zum Besuche dieser Naturmerkwürdigkeit dient meist die Südbahnstation Peggau als Ausgangspunkt, aber auch die von den Stationen Frohnleiten

und Stübing nach der Lurbachschlucht führenden Wege werden dem Touristen mannigfaches Interesse gewähren. Auf den von Peggau ausgehenden Wegen erreicht man das Lurloch in 1¼ bis 2 Stunden. Die Lurbachschlucht, die zum Grotteneingange führt, ist von pittoresker Schönheit. Umbüscht von dunkelgrünen Nadelbäumen, ragen grauweiße Felsen silurischen Kalkes empor und umsäumen einen üppigen Wiesenplan, durch den der muntere Lurbach dahinrauscht. Man gelangt zu dem Grottenwirtshause und steht am Fuße einer gegen 100 *m* hohen Wand vor der Pforte zu jenen Schönheiten, die, in des Berges Schoße verborgen, durch Jahrtausende von keines Menschen Auge gesehen worden waren, bis sie im Jahre 1894 von der Gesellschaft für Höhlenforschung in Steiermark entdeckt wurden, wobei sich Josef Fasching, der zielbewußte Leiter der Forschungen, hohe Verdienste erwarb. Nun sind alle Schwierigkeiten beseitigt, und auf geebneten Wegen durchschreitet der Besucher die düstere Vorhalle, aus der man durch ein eisernes Gittertor in die vom Lurbache durchrauschten Bachhöhlen gelangt. Weite und hohe, mit Azetylen beleuchtete Hallen werden hier durchschritten, die engste Stelle im ersten Schlurfe ist durch Sprengung genügend hoch und weit gemacht. Gleich dahinter sieht man den Ort, an dem die sieben Höhlenforscher im Jahre 1894 9 Tage durch das Hochwasser des Lurbaches von der Außenwelt abgeschlossen waren. Aus den großen Räumen der Oswald- und Fölzmannhöhle gelangt man durch einen künstlich erweiterten, teils fast ganz ausgesprengten Gang in das eigentliche Reich der unterirdischen Wunder, in die unvergleichlichen Lurgrotten, die an Reichtum und Schönheit der Tropfsteinbildungen in ganz Steiermark ihresgleichen nicht finden. Der Brunnellogang, eigentlich eine langgestreckte Kette von Grotten und Hallen, ist einzig in seiner Art. Das größte Wunder des Lurloches ist der Dom, ein Raum von 120 *m* Länge und 63 *m* Breite. In 30 *m* Höhe spannt sich die Wölbung über diese riesige Halle. Dort, wo an den Seiten des Domes dunkelgefärbte Kalkschiefer auftreten, zeigen sich auch die blendendsten Tropfsteinformen. Der Boden dieses Raumes ist mit großen Felsblöcken bedeckt, und im Tartarus, dem tiefsten Punkte des Domes, herrscht eine ergreifende Wildheit. Durch ein in den Fels gesprengtes Tor gelangt man unvermittelt aus der wüsten Wildheit des Tartarus in einen Raum voll feenhafter Pracht und Schönheit. Ein ganz eigenartiges Gebilde erblickt man am Schlusse. Düster öffnet sich der gegen 10 *m* weite Schlund des Tropfsteintrichters, durch welchen die von der Decke herabrieselnden Gewässer ihren Weg in tiefere, noch unerforschte Räume nehmen, um endlich in den Schmelzbach zu gelangen, der oberhalb von Peggau einem weiten Höhlenrachen entströmt. 45 *m* tiefer als der Rand des Trichters liegt die Sohle dieser untern Etage, die den Namen Kaskadenklamm führt, derzeit aber leider noch unzugänglich ist.

Die Réver Höhlen. Es ist bekannt, daß das Biharer Gebirge, d. i. jener waldreiche Gebirgszug, welcher an der Grenze von Ungarn und Siebenbürgen zwischen der Weißen Körös und der schnellen Körös in der Richtung von Süd nach Nord sich hinzieht, in seiner mittlern Partie zwischen Vaskoh und Dezna zufolge der eingelagerten Kalkbildung einen karstähnlichen Charakter besitzt. Man findet Schachte und Dolinen, in Höhlen verschwindende und aus Höhlen wieder hervorbrechende Gewässer, zahlreiche Tropfsteingrotten, kurz, dieser Teil des Biharer Gebirges weist ausgesprochene Karstbildung auf. Zu den bekanntern Höhlen dieses Gebirgsstockes zählt die Grotte von Rév. Rév ist eine Station der königl. ungar. Staatsbahn zwischen Nagy-Varad (Großwardein) und Kolozsvar (Klausenburg), und in der nächsten Nähe dieser Station befindet sich eine Öffnung, durch welche man bisher in die Höhle eingedrungen ist. Nun haben, wie dem „Pester Lloyd" aus Nagy-Varad berichtet wurde, vor kurzem drei Herren, und zwar der reformierte Seelsorger von Rév Johann Veress, Anton Csak und der Aufseher der Höhle, Karl Handl, die andere Mündung derselben ausgeforscht, welche sich auf einem Berggipfel in der Gemarkung der Gemeinde Dissfalu befindet. Der Versuch, von dieser Seite in diese Riesenhöhle einzudringen, war mit großen Schwierigkeiten verbunden, indem man sich mit Seilen durch einen Kamin in die Grotte hinablassen und Mühen nicht scheuen mußte, um in diesem unbekannten Raume vorzudringen. War schon der bisher bekannte Teil der Révergrotte zufolge seiner phantastischen Tropfsteinbildungen sehenswert, so sollen die von den kühnen Forschern entdeckten mächtigen Räume durch die Großartigkeit der Gebilde, durch die Schönheit der Stalaktitenformation geradezu überwältigen, ja selbst die Adelsberger Grotte übertreffen. Der Kamin, durch den die Forscher drangen, mündet in einen so engen Gang, daß derselbe nur kriechend passiert werden konnte. Sie gelangten dann in einen großen Raum, voll von herrlichen Tropfsteinformationen, und schließlich in eine 250 *m* lange und 50 *m* hohe Halle, welche sich mehrfach verzweigt und überall durch einen Tropfsteinvorhang oder petrifizierten Wasserfall abgeschlossen wird. Hinter dieser Halle teilt sich die Höhle wieder in zwei Teile; die untere Partie erwies sich als unpassierbar, während der obere Teil, welcher auf Leitern erreicht wurde, durch seine imposanten, gigantischen Formationen einen einzig schönen Anblick gewährte.[1])

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien **47**. p. 473.



Klein, Jahrbuch XVI. Tafel III.

Die Viktoriafälle des Zambesi.

Flüsse.

Die alten Stromtäler Vorpommerns, ihre Entstehung, ursprüngliche Gestalt und hydrographische Entwicklung hat H. Klose studiert.[1]) Seine Arbeit, die er 1902 begann, beruht auf zahlreichen Terrainbegehungen, verbunden mit Handbohrungen und anderweitigen Untersuchungen.

Das allgemeine Relief Vorpommerns ist, entsprechend dessen Zugehörigkeit zu der Vorstufe des baltischen Landrückens, äußerst einförmig. Weite, ebene Flächen wechseln mit solchen flach hügeligen Charakters. Die höchsten Erhebungen erreichen kaum 50 bis 60 *m* üb. d. M. Der Boden besteht meist aus oberdiluvialem Geschiebelehme und jüngern Sanden, welche, auf dem Lehme ruhend, unregelmäßige, aber selten ausgedehntere und zusammenhängende Flächen einnehmen. Nur hier und da ragen durch dieses obere Diluvium Sande, Tone und Geschiebemergel des untern hindurch, und zwar meist im Zusammenhange mit Eisstauchungen, durch welche die normale Lagerung eine Störung erlitt. Ältere Sedimente (Jura, Kreide, Tertiär) erscheinen vereinzelt als kleinere Schollen in geringer Tiefe unter der Glazialdecke, erzeugen aber im einzelnen nirgends auffällige Bodenerhebungen wie etwa auf der Insel Rügen; sie kommen jedoch insofern in Betracht, als sie, in ihrer Verteilung tektonisch bedingt, die Hauptzüge des Reliefs beeinflussen. In die Einförmigkeit der Oberflächengestaltung bringen nur die zahlreichen, die flachwellige Ebene netzförmig durchschneidenden Flußtäler einige Abwechslung, weniger allerdings durch tiefes Eingreifen in das Gelände und steile Gehänge (beides ist nur lokal entwickelt), als vielmehr durch ihre große Zahl, vor allem aber durch ihre stattliche Breite, die zu der Kleinheit der sie heute in trägem Laufe durchziehenden Flüsse in gar keinem Verhältnisse steht, sowie durch ihre ausgeprägt rinnenförmige Gestalt. Diesen Tälern galten die Untersuchungen.

Nach ihren Beziehungen zu der Inlandeisbedeckung unterscheidet Klose Haupt-, Rand- und Quertäler. Die erstern gehen von der weiten Depression aus, die von K. Keilhack als die Niederung des glazialen „Haffstausees" erkannt wurden. Die Quertäler sind zum Teile subglazialer Entstehung, meist als die Durchbruchtäler von höhern zu niedriger gelegenen Randtälern aufzufassen. Von besonderer Wichtigkeit für die genetischen Untersuchungen sind die Moore, welche die Täler im Laufe der Zeit erfüllt haben und nun eine fast ununterbrochene Decke bilden. Die Hauptergebnisse der praktischen Untersuchungen über die Stromtäler faßt Verf. kurz in folgenden Punkten zusammen:

1. Die Täler verdanken ihre Entstehung und Ausgestaltung der Wirkung fließenden Wassers. Die Querprofile zeigen daher analogen Verlauf wie bei rezenten Flüssen. An vielen Stellen lassen sich Sandbänke und Inseln erkennen.

2. Der Lauf der heutigen Flüsse ist meist von der Gestalt des ursprünglichen Talbodens unabhängig.

3. Die alte Talsohle besitzt in der Regel nur geringes, zum Teile kein Gefälle.

4. Die alte Talsohle liegt fast durchgehends tiefer als der Spiegel der heutigen Ostsee.

Verf. beschäftigt sich näher mit den einzelnen Phasen in der Entwicklung des Stromsystems bei dem Rückzuge des Eises und findet im allgemeinen die von K. Keilhack gezogenen Schlußfolgerungen bestätigt. Er unterscheidet

[1]) IX. Jahresbericht d. Geogr. Gesellschaft zu Greifswald 1905. p. 27.

drei Phasen, deren letzte schließlich die heutigen Odermündungen frei ließ. Von der postglazialen Entwicklung der vorpommerischen Wasserrinnen gibt er folgende Übersicht: „Die Inlandeisdecke hat das Gebiet der deutschen Ostseeküste endgültig verlassen. Da die Oderwasser nach Norden abfließen, wird das Grenztal in der Hauptsache nur von den Flüssen gespeist, die vom baltischen Höhenrücken kommen, so von Datze, Kleinem Landgraben, oberer Tollense, oberer Peene und oberer Recknitz. Die Wasser des untern Peene-, Ibitz- und Trebeltales vereinigen sich ebenfalls mit dem Grenztalstrome. Die Wassermengen sind in der ersten Zeit noch bedeutend, da die Niederschläge auch in größerer Entfernung vom schmelzenden Eise noch beträchtlich bleiben. Bald aber nehmen auch diese und mit ihnen der Wasserreichtum der Täler ab. Der Prozeß der Vertorfung beginnt. Die Sölle und die Seen werden zuerst von Mooren erfüllt, weniger die Täler; denn begünstigt von dem natürlichen Gefälle strömen die Flüsse noch ziemlich lebhaft. Nun tritt die jedenfalls langsam vor sich gehende Senkung des Landes ein. Das Gefälle der Flüsse wird immer geringer, das Wasser beginnt zu stagnieren, und in die tief gelegenen Täler dringt das Meer ein. So im Grenztale, wo bei Ribnitz unter der Moordecke Litorinaschichten beim Bahnbaue gefunden wurden.

In den Flußläufen, die nur infolge von Druckgefälle noch eine Wasserbewegung besitzen, wächst die Vertorfung stetig. Von den Talrändern aus wird die Wasserrinne mehr und mehr eingeengt, bis schließlich ein Flußbett übrig bleibt, das in geradem Verhältnisse zu Wassermenge und Geschwindigkeit steht. Naturgemäß werden die tiefsten Stellen des alten Strombettes am spätesten von der Vertorfung ergriffen, und die größern Flüsse, wie besonders die Peene, folgen noch jetzt mit geringen Abweichungen der Tiefenrinne, während die kleinern Flüsse und Rinnsale unabhängig von der Gestaltung des Talbodens ihr neues Bett wählen. Mitunter fließen sie über den seichtesten Stellen des Moores; mitunter über einer Erhebung der Talsohle, während sich an beiden Seiten tiefere Rinnen befinden.

Bei der meist sehr geringen Höhe der Mooroberfläche über NN. ist es erklärlich, daß die Entwässerung mancher vermoorten Täler nach verschiedenen Seiten erfolgt, daß also gewissermaßen Bifurkationen zustande kommen. Die meisten Randtäler sind hierdurch ausgezeichnet. Typisch ist das Randtal bei Nerdin im W.S.W. von Anklam gelegen. Dort entstehen sogar drei Bäche innerhalb eines kleinen Bezirkes und entwässern dasselbe nach drei Seiten. Von den größern Tälern besitzen Ibitz, oberes Grenztal und Ziese Bifurkationen.

Die Ursachen für die Bifurkationen der kleinern Täler haben wir zum Teile in dem ungleichmäßigen Wachstume der Moordecke, zum Teile in einem antiklinalen Verlaufe der Talsohle zu suchen."

Die von den Flüssen fortgeführten unorganischen Stoffe. In seinen Studien über Fluß- und Quellwässer (Dissertation, Upsala 1904) gibt O. Hofmann-Bang mehrere Berechnungen über die von den Strömen nach dem Meere gebrachten aufgelösten unorganischen Stoffe, wobei er bedauert, daß von den in den Flüssen beförderten Wassermengen keine genaue Kenntnis vorliegt. Es ergaben Analysen für den Klarelf einen Gehalt an feuerfesten Stoffen von 0.257, 0.2066 und 0.185 *g*, also durchschnittlich 0.2162 *g* auf das Liter. Auf einen Kubikkilometer entfallen somit 21 600 Tonnen feuerfeste Stoffe. Nach Hamberg beträgt die jährlich abgeflossene Wassermenge 5.415 *ckm*. Mit dieser Zahl als Grundlage erhält man eine weggeführte Salzmenge von in runder Zahl 117 000 Tonnen im Jahre. Da das Drainierungsgebiet der Klarelf 8500 *qkm* beträgt, wird aus jedem Quadrat-

kilometer dieses Gebietes eine Salzmenge von etwa 10 *t* hauptsächlich durch chemische Verwitterung jährlich fortgeführt. Für die Indalrelf berechnet Hofmann-Bang die Auslaugung gar zu 30 *t* für jeden Quadratkilometer auf das Jahr. Bei einem Vergleiche mit den Zahlen für die Flüsse anderer Länder ergibt sich, daß nur wenige der Wasserläufe an aufgelösten Bestandteilen so arm sind, wie man die schwedischen archäischen Flüsse gefunden hat. So enthält der schottische Fluß Dee 0.596 Teile fester Bestandteile. Der Ottawa, der Nebenfluß des St. Lorenzstromes, enthält 0.57 Teile unorganischer Stoffe; dieser selbst ist viel reicher an aufgelösten Stoffen. Der Amazonenstrom, dessen Drainierungsgebiet nicht nur aus sedimentären Formationen, sondern auch aus großen Urgebirgspartien besteht, enthält auf 10 *l* 0.52 *g* unorganische Stoffe. Für den Rhein gibt man 1.12 bis 2.88 an, für die Weichsel 2, für die Donau 1.25 bis 1.87, für die Dwina 1.87, für die Rhone 1.06 bis 1.84; bei der Loire sind 1.34 ermittelt, für die Themse gelten 2.7 bis 3.9. Beim Nil sind es 1.42 bis 2.31, für den Mississippi 1.5 bis 1.7, alle auf 10 *l*. Im großen und ganzen dürften die meisten europäischen Flüsse, nach den vorhandenen Analysen zu schließen, eine Zusammensetzung aufweisen, welche ungefähr mit der des Rheines übereinstimmt; freilich gibt es auch Ausnahmen, wie den Main bei Offenbach, die Rhone in ihrem obern Laufe usw. Ein Vergleich zwischen den schwedischen archäischen und den ausländischen Flüssen zeigt, daß die erstern verhältnismäßig reich an Kali sind. Der ziemlich hohe Kali- und Natrongehalt der archäischen Flüsse wird größtenteils durch Dekomposition von Alkalifeldspaten entstanden sein, die in den Urgebirgsgebieten häufig vorkommen. Was die Untersuchung der Quellwasser anlangt, so besteht bei ihnen die Hauptmenge der Salze aus Karbonaten, hauptsächlich aus Kalziumkarbonaten.[1])

Die Weichsel schilderte H. Bindemann in der Festschrift, welche Danzig dem zuletzt dort tagenden Geographentage widmete. Von dem Gesamtgebiete der Weichsel (198 510 *qkm*) entfallen 32 457 *qkm*, d. i. rund ein Sechstel, auf Preußen. Für die Wasserführung des Stromes kommen wesentlich nur die Nebenflüsse des Ober- und Mittellaufes in Betracht; besondere Bedeutung besitzt der aus den Karpathen kommende Dunajec, weil dessen Stromgebiet die größten in kürzester Zeit fallenden Niederschläge zukommen. Der erste Frost setzt im Binnenlande meist im Oktober, an der Küste erst Anfang November ein, hört dort Mitte April, hier Ende April bzw. Anfang Mai auf; durchschnittlich kommen jährlich etwa 110 Frost- und 40 bis 50 Eistage vor. Fast die Hälfte des Flußgebietes empfängt jährlich unter 600 *mm* Regen, im Gebirge kommen tägliche Niederschläge von 150 *mm* vor, das Mittel der größten Tagesniederschläge

[1]) Globus 1905. p. 290.

ist dort 50 bis 60 *mm* und sinkt bis zur Küste auf 30 bis 40 *mm*. Das Mündungsgebiet der Weichsel ist großen Änderungen unterworfen, teils weil der russische Teil noch gar nicht reguliert ist, teils weil klimatische Eigentümlichkeiten — das Frühjahr tritt im südlichen Teile des Stromgebietes nicht unerheblich früher auf als im nördlichen — häufige Eisverstopfungen und infolgedessen gewaltige Überschwemmungen und große Durchbrüche herbeiführen, deren letzter im Jahre 1840 erfolgte. Die preußische Weichselregulierung bezweckt vorläufig eine mittlere Breite des ungeteilten Stromes von 375 *m* und eine Tiefe von 1.7 *m* bei mittlerm niedrigen Wasserstande. Die Deiche, welche bei mittlerm Hochwasser das Hinterland schützen, stammen zum Teile schon von dem Deutschen Ritterorden her; bei Hochfluten, namentlich Frühjahrshochfluten, wie sie z. B. im Jahre 1888 erfolgten und einen Schaden von nahezu zwölf Millionen Mark anrichteten, vermögen sie keinen Schutz zu gewähren. Um die Gefahren des Eisganges zu vermindern, wird seit 25 Jahren die Eisdecke der untersten Strecke der Weichsel durch besonders hierfür eingerichtete Dampfer schon im Winter aufgebrochen. Das nächste Ziel ist dabei, die geteilte Weichsel vom Eise zu befreien, um den Eisgang von der Nogat, für die er immer besonders gefährlich ist, abzulenken. Schon mehrfach ist dabei gelungen, die Eisbrecharbeiten bis in die oberste Strecke der preußischen Weichsel durchzuführen. Für den Zeitraum 1851 bis 1890 betrug die mittlere jährliche Abflußmenge 12.54 *cbm*, die mittlere jährliche Niederschlagsmenge 77.66 *cbm*; es kamen also rund drei Viertel des Jahresniederschlages nicht zum Abflusse, während speziell im Sommer sogar nahezu fünf Sechstel des Niederschlages nicht in den Strom gelangten.

Die Hochwasserstände des Nil in der Zeit von 1841 bis 1902. Percival C. Waite hat[1]) die folgende Zusammenstellung der höchsten Wasserstände (in engl. Fuß) des Nils am Pegel zu Roda mitgeteilt:

1841	25.0	1851	25.5	1861	26.2	1871	24.2	1881	25.7	1891	23.5
42	25.2	52	20.8	62	23.2	72	25.2	82	21.5	92	27.5
43	22.0	53	25.5	63	26.6	73	20.7	83	25.7	93	23.4
44	21.6	54	24.8	64	19.6	74	28.6	84	25.2	94	27.1
45	20.8	55	20.3	65	23.1	75	25.5	85	23.4	95	23.8
46	24.8	56	25.5	66	27.4	76	26.7	86	22.6	96	24.9
47	23.3	57	21.3	67	21.2	77	17.7	87	27.5	97	22.5
48	25.0	58	21.0	68	19.3	78	27.5	88	19.0	98	25.4
49	25.3	59	20.8	69	27.6	79	26.4	89	23.5	99	17.5
50	21.2	60	25.2	70	26.1	80	21.8	90	24.8	1900	21.1
	Mittel										
1841—1900	23.75									1901	21.5
										02	18.9

[1]) Scottish Geogr. Mag. 1904 Sept.

Verminderung der Wassermenge des Niger.[1]) Der Austrocknungsprozeß, der an vielen Stellen Äquatorialafrikas sich bemerkbar macht, greift auch auf den Niger über. Wie Kapitän L. Fourneau, 1903 und 1904 Kommandant der französischen Flottille auf dem untern Niger, im „Bull. du Comité de l'Afrique française" mitteilt, haben seine Beobachtungen ergeben, daß der Wasserstand im Niger sich ständig senkt. So vermag das Dampfschiff „Nupe" der englischen Nigerkompagnie heute niemals mehr bis Jebba zu gelangen, das es vor fünfzehn Jahren und weniger leicht erreichte. Aber auch im Mittellaufe nimmt die Wassermenge deutlich ab, worüber die Mitteilungen der Eingeborenen keinen Zweifel lassen. Das Fallen des Wassers wird beunruhigend. So wurden wenigstens noch vor 40 Jahren die Strominseln zwischen Sansan-Haussa und Ansongo zu gewissen Zeiten vom Wasser überflutet, so daß die Bewohner an die Ufer zu fliehen genötigt waren; heute aber haben sie die Überschwemmungen, selbst wenn sie hoch sind, nicht mehr zu fürchten.

Die Viktoriafälle des Sambesi schildert A. J. C. Molyneux.[2]) Nach Ansicht geologischer Sachkenner bestand in einer frühern Periode in dem Innern von Südafrika ein großer See, in welchen der Sambesi und der Limpopo ihr Wasser ergossen. Später durchbrachen diese den Rand des östlichen Gebirges und münden seitdem in den Indischen Ozean. Durch Erosion ist der Limpopo bis heute bereits in ein sehr viel niedrigeres Niveau gelangt als der Sambesi. Doch auch dieser arbeitet ununterbrochen an der Auswaschung seines Felsentales. Eine Folge dessen und des Gebirgsbaues sind die berühmten, von Livingstone entdeckten und benannten Viktoriafälle. Auf dem Rande des Kataraktes liegen mehrere Inseln, durch welche die ganze 5580 engl. Fuß breite Wassermasse in fünf einzelne Güsse zerteilt wird. Nur bei hohem Wasserstande stürzt die Flut in einem zusammenhängenden Gusse in die Tiefe, sonst erscheinen nur mehrere, allerdings immerhin sehr mächtige Fälle. Die Höhe an der linken Seite beträgt 256 Fuß, an der rechten 343 Fuß. Die herabstürzenden Wasser vereinigen sich zu einem furchtbaren Wirbel in einem engen Felsenbette (the Chasm), von wo aus sie durch einen nur 108 Fuß breiten Schlund (Gorge) in ein zickzackförmiges Cañon strömen, das von 400 Fuß hohen Felsenwänden gebildet wird und sich 30 engl. Meilen weit erstreckt. Nach Molyneux hat sich der Sambesi (ebenso wie der Niagara) durch Erosion rückwärts eingeschnitten, bis er schließlich an der Felsenwand anlangte, über die heute seine Wasser hinabstürzen.

---

[1]) Globus 1905. p. 20.

[2]) Geogr. Journal London 1905. **25**. Nr. 1. p. 40.

Die hydrographischen Verhältnisse des Yang-tzï-kiang schilderte A. Kniep.[1])

Die eigentliche Quelle des Yang-tzï ist noch von keinem wissenschaftlichen Forscher gesehen worden, wenngleich Rockhill den Fluß 1892 sehr nahe bei seinem Ursprunge kreuzte. Er trägt dort den Namen Mur-ussu oder, wie Kniep schreibt, Murui-ussu-muren-ulan. Die Quelle liegt in der Nähe von 92° östl. L. v. Gr. und 34° nördl. Br.

Eine Strecke weit, schildert Kniep, bilden die Bajankaragebirge die Wasserscheide zwischen dem Oberlaufe des Yang-tzï-kiang und des Huang-ho. Diese Gebirgsketten zwingen den nach Aufnahme des Nap-tschi-tai-ulan-muren Britschu benannten Fluß zu südöstlicher Richtung, bis er die hinterindischen Gebirgsfalten erreicht; in südlichem Laufe verläßt er auf 98° östl. L. v. Gr. das tibetanische Hochland und tritt in das Gebiet von Chinas 18 Provinzen.

Nachdem er einen schmalen Streifen vom äußersten Westen der Provinz Ssï-tsch'uan abgetrennt hat, gelangt er als Kin-scha-kiang (Goldsandfluß) nahe der Stadt Pön-tsa-la in die Provinz Yün-nan. Auf etwa 27° nördl. Br. wendet er sich anfangs in größern, dann in kleinern Windungen nach NO.; kurz bevor er den Ya-lung, seinen ersten größern Nebenfluß, aufnimmt, berührt er wieder die Grenze von Ssï-tsch'uan und verläßt jetzt nur noch auf kurzen Strecken diese Provinz.

285 *km* unterhalb von Tschung-k'ing-fu, dem Haupthandelsplatze des ganzen westlichen China, bricht der Ta-kiang,[2]) den mit einigen Unterbrechungen die Falten des sinischen Gebirgssystems so lange in nordöstlicher Hauptrichtung zu verharren zwangen, sich gewaltsam nach Osten Bahn.

In seinem Kampfe durch diese hohen Gebirgsfalten erreicht er auf 110° östl. L. v. Gr. das Gebiet der Provinz Hu-peï. Bei I-tsch'ang-fu hat der Strom endlich das gewaltige Werk vollbracht: auf einer Strecke von 300 *km* hat er das sinische Faltensystem durchbrochen. Auf mehr als das Doppelte verbreitert sich nun das Flußbett, und der Yang-tzi-kiang beginnt seinen gewundenen Lauf durch die zentralchinesische Ebene. Die beiden größten seiner nach Süden gerichteten Biegungen endigen im T'ung-ting- und Poyangsee. Bei Tschön-king-fu (Chinkiang), 278 *km* bevor sich der Yang-tzï-kiang in den Ozean ergießt, verbindet der Kaiserkanal die beiden größten Ströme Chinas, den Yang-tzï-kiang und den Huang-ho.

Kniep findet als wahrscheinlichsten Wert für die Stromentwicklung des Yang-tzï rund 5000 *km*, wovon 2700 schiffbar sind. Als Grenze der Schiffbarkeit gilt Ping-schan-hien. Des Yang-tzï-kiang wird schon von Confucius rühmend gedacht, ebenso von Marco Polo, doch haben erst die Jesuitenmissionare im 18. Jahrhunderte ausführliche Mitteilungen über den Stromlauf gemacht. Diese waren natürlich auch noch recht wenig genau, und gründliche Aufnahmen des Mittellaufes wurden erst 1861 von Kapitän Blakiston ausgeführt. Seitdem sind viele wichtige Beiträge zur Kenntnis des Riesenstromes veröffentlicht worden, und Kniep hat dieselben kritisch benutzt, auch selbst 1901 bei einem sechsmonatlichen Aufenthalte Erfahrungen gesammelt. Aus seiner Darstellung entnehmen wir hier nur das rein geographische.

Während der Strom im Oberlaufe, wo er den Namen Ta-kiang führt, auf einer 180 *km* langen Strecke infolge des stark gewundenen Laufes sehr verschieden breit ist und bei niedrigem Wasserstande in den Grenzen von 400 bis 1100 *m* bleibt, beträgt die Flußbreite des untern Stückes bis Wan-hién durchweg rund 1000 *m*. „Von Tschung-k'ing-fu bis Wan-hién findet man überall an den Ufern starke Sedimentablagerungen, vom gröbsten Gerölle bis zum feinsten Sande. Die meisten Steine, die nicht selten bis zu 1 *m* Durch-

---

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik **7.** p. 1.

[2]) Ta-kiang ist eine der chinesischen Benennungen für den Yang-tzï-kiang, besonders für seinen Mittellauf.

messer haben, lassen schon durch ihre rundlichen Formen erkennen, daß sie sehr weite Strecken zurücklegten, bevor sie zur Ablagerung kamen. Die grobkörnigen Sandmassen zeigen durch die gelbe, graue oder rötliche Färbung ihre Zugehörigkeit zu den meist nicht sehr weit stromauf gelegenen und aus Sandstein bestehenden Ufern an, von denen sie durch Erosion getrennt worden sind, während der sehr feine gelbliche Sand, den man besonders häufig an den konvexen Ufern findet, sicherlich zum größten Teile auch ein Erosionsprodukt ist, das man aber weit oberhalb von Tschung-k'ing-fu zu suchen hat.

Die Hindernisse für die Schiffahrt von Tschung-k'ing-fu über Wan-hién nach I-tsch'ang-fu sind verschiedener Art. Während die Stromschnellen von Wan-hién nach I-tsch'ang-fu bedeutend gefährlicher sind als diejenigen von Tschung-k'ing-fu nach Wan-hién, bieten auf dieser obern Strecke zahlreiche Untiefen und zum Teile aus dem Wasser ragendes Gestein der Schiffahrt nicht unbedeutende Hindernisse.

Etwa 5 *km* unterhalb der Stadt Föng-tu raten mehrere, teils aus dem Wasser ragende, teils von demselben nur wenig bedeckte Massen anstehenden harten Sandsteines den Schiffern, dem linken Flußufer fern zu bleiben.

Wie bei vielen andern weiter stromauf liegenden Stromschnellen, so haben offenbar auch bei dem gefürchteten Hu-t'an (15 *km* vor Wan-hién) Erosionsfurchen von nicht ganz parallelen, d. h. stromabwärts etwas näher zusammentretenden Wänden Geschiebe in sich festgeklemmt, die beinahe mit dem anstehenden Gesteine verwachsen erscheinen.

Nur eine kleine Strecke unterhalb des Hu-t'an empfängt der Ta-kiang von rechts den Peï-schui-k'i. Die durch den Hu-t'an hervorgebrachte Strömung ist noch so stark, daß dieser kleine Nebenfluß trotz seines Reichtumes an Sedimenten kein Delta zu bilden vermag, wie man es sonst mehr oder weniger bei den Nebenflüssen des Ta-kiang antrifft. Die Geschiebe und Gerölle des Peï-schui-k'i wälzt der Yang-tzï-kiang zusammen mit seinen eigenen Massen auf seiner nordöstlich gestreckten Sohle immer weiter stromab, bis eine Biegung seines Laufes nach Norden hemmend entgegenwirkt. Dort an dem konvexen linken Ufer wurden und werden noch diese gewaltigen Geschiebemassen abgelagert und teilweise von den Sanden eingebettet, welche die untere Gegenströmung vom konkaven Ufer, das immer mehr ausgenagt wird, hinüberbringt. Das Aussehen dieser aus großen Steinen bestehenden Geröllmasse, deren Oberfläche eine nahezu wagerechte Ebene bildet, könnte leicht den Gedanken aufkommen lassen, daß hier ein Flößen durch Eisschollen die Hauptarbeit getan hätte. Diese Mutmaßung findet jedoch keinerlei Berechtigung, denn die Provinz Ssï-tsch'uan und der westliche Teil von Hu-peï haben ein äußerst mildes Klima. Gegen die kalten nördlichen und westlichen Winde durch hohe Gebirgsketten geschützt, bleiben jene Gegenden von Schnee und Eis fast gänzlich verschont. Wenn auch die Kuppen der Ssï-tsch'uan-Gebirge reichliche Ablagerungen von Schnee empfangen, so gelangt dieser doch nur in geschmolzenem Zustande in die Yang-tzï-Täler.

Auf 30° 49′ nördl. Br. wendet sich der Yang-tzï-kiang plötzlich nach Osten. Dort liegt an seinem linken Ufer die Stadt Wan, die zusammen mit dem durch einen kleinen Nebenfluß getrennten Orte, Nan-tscheng-kiai, den Haupthandelsplatz zwischen Tschung-k'ing-fu und I-tsch'ang-fu bildet. Das nicht unbedeutende Geröll dieses Zuflusses reicht weit in den Yang-tzï-kiang hinein, während die sandigen Sedimente des letztern naturgemäß am konvexen Ufer abgelagert sind.

Das linke, steil abfallende Ufer ist bei Wan-hién stellenweise 10 *m* hoch und besteht dort aus loser Erde.

Von Wanhién an hat das Flußbett einen andern Charakter; nur bei niedrigstem Wasserstande und auch dann nur an wenigen Stellen sieht man vom Ufer getrenntes anstehendes Gestein. Die Breite des Flusses ist infolge der ungleichmäßig an den Ufern abgelagerten Sedimente bald größer, bald kleiner, bis die Pé-yang-hia mit ihren niedrigen, steil abfallenden Sandstein-

wänden den Ta-kiang auf 250 *m* einengt. Die Wassertiefe, die von Wan-hién bis oberhalb des Hu-t'an nur 7 bis 29 *m* betrug, ist hier in dem engen Durchbruche fast durchweg mehr als 30 *m*. Etwa in der Mitte dieser Schlucht zeigte das Lot sogar 42 *m* an. Nach Verlassen der Pé-yang-Schlucht erweitert der Fluß sich wieder, doch ganz allmählich verengen gewaltige Ablagerungen von Sand und kleinkörnigem Gerölle von neuem das Strombett.

Auf 108⁰ östl. L. v. Gr. versperren an der rechten Seite niedrige, SW./NO. streichende Kämme von hartem Sandsteine den Lauf des Flusses und bilden hier eine der am meisten gefürchteten Stromschnellen, den Sin-lung-t'an; das nachrutschende linke Ufer, das aus größtenteils verwittertem Sandsteine besteht, engt den Fluß noch mehr ein. Der am 30. September 1896 am linken Ufer des Ta-kiang erfolgte große Landrutsch hat den ohnedies schwer zu passierenden Sin-lung-t'an noch gefährlicher gemacht. Durch die im Jahre 1898 von den Ingenieuren Tyler und Donald unternommenen Sprengungen wurde diese Stelle des Yang-tzĭ-kiang bei niedrigem Wasserstande wieder schiffbar, indes sind die Hindernisse bei weitem nicht genügend beseitigt, so daß der Sin-lung-t'an immer noch zu den gefährlichsten Stromschnellen des Ta-kiang zählt.

In fast geradem, nach Osten gerichtetem Laufe legt der Yang-tzĭ-kiang die 80 *km* messende Strecke von Sin-lung-t'an bis zur Stadt K'ui-tschóu-fu zurück. Auf dem ganzen Wege finden sich massenhafte Sandablagerungen an beiden Ufern, die hier durchschnittlich 500 *m* voneinander abstehen. Geröll sieht man dort nur ganz vereinzelt und auch dann nur in kleinen Mengen. Schluchtenartige Durchbrüche gibt es zwischen dem Sin-lung-t'an und K'uitschóu-fu nur zwei. Derjenige beim Ir-lung-t'an ist nicht ganz 1 *km* lang und 350 *m* breit; der andere mißt $^1/_3$ *km* in Länge und hat seine Mitte auf 108⁰ 56′ östl. L. v. Gr. Als Stromengen können diese beiden Strecken jedoch nur im Sommer gelten, da im Winter, also bei niedrigem Wasserstande, die Ufer ober- und unterhalb dieser Schluchten dieselbe Strombreite wie sie selbst haben. Trotzdem der Ta-kiang auf dieser 80 *km* langen Strecke fast in gerader Linie fließt, ist die Wassertiefe sehr verschieden.

Fünf Stromschnellen zählt man von Wan-hién bis nach K'ui-tschóu-fu; doch nehmen dieselben nicht die Breite des ganzen Flusses ein. Stromauf fahrende Dampfer würden diese Stromschnellen ebenso leicht vermeiden können, wie es gegenwärtig die talwärts steuernden Dschunken tun.

Auf 109⁰ 28′ östl. L. v. Gr. ergießt sich in den Yang-tzĭ-kiang von Norden her ein in den Sommermonaten von kleinern Dschunken befahrener Nebenfluß, der Jang-k'i; derselbe zwingt den Hauptstrom durch die in sein Bett gewälzten, ungeheuern Geröllmassen zu einer leichten Krümmung, welche ihre Öffnung nach Norden hat.

An der Mündung des Jang-k'i liegt K'ui-tschóu-fu. Von dieser Stadt, kaum 4 *km* entfernt, beginnt das eigentliche Gebiet der Stromengen und Stromschnellen des Yang-tzĭ-kiang und erreicht erst kurz vor I-tsch'ang-fu sein Ende.

Die Stromengen, im Aussehen den norwegischen Fjorden nicht unähnlich, bieten mit ihren steilabfallenden Ufern und durchweg tiefem Fahrwasser der Schiffahrt kein Hindernis; jedoch wird in einigen die Auffahrt der Dschunken bei hohem Wasserstande durch die stärkere Strömung erschwert.

Die kurze Strecke von K'ui-tschóu-fu bis zur ersten Stromenge Fungsiang ist verhältnismäßig flach und bei niedrigem Wasserstande nur 350 *m* breit; beide Erscheinungen sind der Ablagerung von Geschieben aus dem Jan-k'i zuzuschreiben. Kurz vor Eintritt in die Fung-siang-hia erweitert sich der Yang-tzĭ-kiang und bildet an seiner linken Seite eine Bucht; dann verengt er sich zu der nur 400 *m* breiten und 7 *km* langen Schlucht.

Zwischen Wu-schan-hién und Pa-tung-hién, einer Strecke von 60 *km*, bildet der Yang-tzĭ-kiang die unter dem Sammelnamen Wu-schan-Schluchten am meisten bekannten Stromengen, deren Breite zwischen 300 und 400 *m*

schwankt. Diese Stromengen sind mehrfach von flachern Ufern unterbrochen. Deshalb haben die einzelnen Teile der Wu-schan-Schluchten von den Dschunkenleuten besondere Namen erhalten. Auf dieser Strecke der aneinandergereihten Stromengen befinden sich (mit Ausnahme einer Vertiefung von 86 *m*) die größten Tiefen des ganzen bekannten Yang-tzī-kiang; sie schwanken zwischen 30 und 58 *m*.

In der Mitte der Wu-schan-Schluchten liegt die Grenze zwischen den Provinzen Ssī-tsch'uan und Hu-peī. Unweit von Pu-tai-k'óu auf 110° 3' östl. L. v. Gr. befindet sich der Grenzstein.

Innerhalb dieses Gebietes der Wu-schan-Schluchten bereiten vier Stromschnellen, der Tiau-schī-t'an, Ta-ma-t'an, Siau-ma-t'an und Kin-pién-t'an dem Stromaufwärtsziehen der Dschunken erhebliche Schwierigkeiten.

8 *km* östlich von Pa-tung-hién stürzen sich vom Norden her unter einem Winkel von 90° zueinander zwei Gießbäche mit sehr starkem Gefälle in den Yang-tzī-kiang und bringen in der Regenzeit gewaltige Geröll- und Geschiebemassen in den Hauptstrom. Steine von 1 *cbm* Größe sind nicht selten anzutreffen. Das Geröll bleibt infolge des nicht genügenden Yang-tzī-kiang-Gefälles unweit der Mündung der beiden Bäche liegen und bildet hier den Niu-k'óu-t'an, eine sehr gefährliche Stromschnelle.

Es folgt nun bis zum Yé-t'an ein Teil des Yang-tzī-kiang, der nur unbedeutende Stromschnellen aufweist. Die Tiefen schwanken auch hier beträchtlich. $4^1/_2$ *km* unterhalb vom Schī-mön befindet sich der Yé-t'an, im Winter die gefährlichste aller Stromschnellen des Yang-tzī-kiang. Auch hier bildet ein starker, von Norden her kommender Gießbach mit seinem Gerölle die Einengung des Ta-kiang. Die Weiterbeförderung dieser Geschiebe wird zum großen Teile durch einen zweiten, von SO. im stumpfen Winkel in den Hauptstrom sich ergießenden Sturzbach, den Scha-tschön-k'i, verhindert. In den Wintermonaten ist der Yang-tzī-kiang beim Yé-t'an bis auf 250 *m* eingeengt, doch ist er gerade dann in Anbetracht dessen, daß der Fluß hier keine Biegungen macht, also keine großen Anforderungen an die Steuerungsfähigkeit der durchfahrenden Schiffe stellt, leichter zu passieren als bei hohem Wasserstande und doppelter Breite.

Auf 110° 41' östl. L. v. Gr. empfängt der Yang-tzī-kiang von Süden her den Yau-wan-k'i, einen ziemlich starken Nebenfluß, der durch das von ihm und dem Ta-kiang im Mündungsdelta angehäufte Gerölle bei niedrigem Wasserstande nur schwer seinen Lauf findet. Dieses weit in das Bett des Yang-tzī-kiang hinausgeschobene Geröll engt den Fluß wieder auf 300 *m* ein. Einen starken Gegensatz zum Yau-wan-k'i bildet der 30 *m* breite Hiang-k'i, der sich dem Yau-wan-k'i gegenüber in den Yang-tzī-kiang ergießt und infolge des steilen Ufers kein Mündungsdelta hat. Beim Hian-k'i beginnt die Mits'ang-Schlucht, die in ihren einzelnen Teilen Pan-kién-hia, Ping-schuh-hia und Pai-kóu-hia genannt wird.

Das rechte Ufer des Ta-kiang bleibt noch eine Strecke weit hoch und abschüssig; am Fuße der Abhänge sieht man Geröll und Sandablagerungen. Das linksseitige Ufer ist weniger steil. Ein Landrutsch, der nach den Annalen von I-tsch'ang-fu im Jahre 1552 nach 50 Tage langem Regen erfolgte, hat die Abflachung hervorgebracht und gleichzeitig drei Stromschnellen, die alle unter dem Namen Sin-t'an bekannt sind, geschaffen. Nach Passieren derselben fließt der Yang-tzī-kiang in einer Breite von 600, später 500 *m* bis 30° 54' nördl. Br. Dort macht er eine scharfe Biegung nach Osten und gelangt in die Niu-kan-ma-feī-Schlucht, deren östliches Ende nach Kung-ling-hia, nach der benachbarten Stromschnelle, genannt wird. Letztere ist bei niedrigem Wasserstande sehr schwer passierbar, weil sich an mehrern Stellen auf der Flußsohle Erhöhungen von anstehendem Gesteine befinden, die fast bis zur Oberfläche des Wassers hervorragen.

Auf der nun folgenden Strecke empfängt der Yang-tzī-kiang von beiden Seiten aus tief eingeschnittenen Betten eine Menge kleiner Zuflüsse, die in der

trockenen Jahreszeit dem Hauptstrome nur wenig Wasser zuführen; in den Monaten Mai bis September dagegen sind sie reißende Sturzbäche. Die Ufer des Yang-tzĭ-kiang sprechen deutlich von der Tätigkeit dieser Nebenflüsse; in einer Breite bis zu 200 *m* sieht man an beiden Seiten des Hauptflusses feinern und gröbern Sand abgelagert, in dem an vielen Stellen kleinere und größere Mengen von Geröll gebettet sind.

Auf 110° 54' östl. L. v. Gr. im Ta-tung-tian stößt der Yang-tzĭ-kiang auf Granit. Die Wassertiefe beträgt dort nur 16 *m*. Der quer durch den Fluß liegende Granitgürtel ist an zwei Stellen vom Yang-tzĭ-kiang durchbrochen, so daß in der Mitte des Flusses Felsmassen zurückgeblieben sind, welche die Schiffahrt hindern; gegen diese Inseln hat sich eine beträchtliche Menge von Geschieben gestaut. Von den beiden Durchfahrten ist bei niedrigem Wasserstande die eine 90 *m*, die andere nur 70 *m* breit.

In einer lang ausgezogenen S-förmigen Windung legt der Yang-tzĭ-kiang die nächsten 30 *km* zurück. Von 111° 0' bis 111° 7' östl. L. v. Gr. begleitet ihn in beträchtlichem Abstande von seinem rechten Ufer die Huang-hiu-hia.

Teils anstehendes Gestein, teils vereinzelte lose Felsblöcke reichen von den zerklüfteten Ufern an vielen Stellen in das Flußbett des Yang-tzĭ-kiang hinein; sie sind jedoch nur wenige Meter hoch, so daß bei steigendem Wasser die Ufer gerade verlaufen. Zu beiden Seiten hat der Yang-tzĭ-kiang auf dieser Strecke seinen eigenen mitgeführten Sand, sowie den der vielen kleinen Zuflüsse in ausgedehnter Breite abgelagert. Auch Anhäufungen von Geröll, besonders an der Mündung der Bäche, sind vorhanden, doch bei weitem nicht in jenen großen Mengen, wie man sie höher stromauf antrifft.

Etwas unterhalb vom Dorfe Nan-t'o wendet sich der Yang-tzĭ-kiang südwärts; seine Ufer bestehen hier in der Schan-tzĭ-hia, sowie in den folgenden Schluchten aus grau bis gelblich gefärbtem Kalksteine, in dem die Erosion Höhlen verschiedener Form und Tiefe zustande gebracht hat. Nur einen einzigen kleinen Nebenfluß, den Lung-töng-k'i, empfängt der Ta-kiang auf der nach Süden gerichteten Strecke. Bei Schĭ-pai macht derselbe fast einen rechten Winkel und bricht in ostsüdöstlicher Richtung durch die I-tsch'ang-hia, die letzte der viel beschriebenen Schluchten, die bei Nan-tsin-koan endigen. Auf das Doppelte seiner bisherigen Breite erweitert sich jetzt der Yang-tzĭ-kiang und beginnt nach Passieren von I-tsch'ang-fu seinen Lauf durch die große Ebene.

Nach Blakistons Annahme führt der Strom bei I-schang-fu im Jahresdurchschnitte pro Sekunde 14 200 *cbm* Wasser vorüber, eine Angabe, die nach Kniep weder bewiesen, noch widerlegt ist.

Seen und Moore.

Die Wärmeaufspeicherung in den Binnenseen. Prof. Forel ist vor einigen Jahren zu dem Schlusse gekommen,[1]) daß die nordischen Seen im Laufe des Jahres ein verhältnismäßig viel größeres Wärmequantum aufspeichern als die mitteleuropäischen, obwohl doch sonst die Wirkung der Sonnenstrahlen von dem Winkel abhängt, unter dem sie einfallen, und folglich mit der geographischen Breite eines Ortes abnehmen müßte. Die größere Wärmeaufspeicherung muß also in andern Faktoren begründet sein. Forel kennt sie nicht, und Woeikoff fand gleichfalls das Faktum sehr sonderbar und sucht

[1]) Arch. des Scienc., Phys. et Nat. IV. **12.** 1901 Juli.

nach Gründen zu seiner Erklärung, zugleich drückt er aber Zweifel an der Richtigkeit der Forelschen Rechnungen aus, aus denen erst jenes merkwürdige Resultat fließt.

Prof. Dr. W. Halbfaß liefert nunmehr[1]) den Nachweis, daß die Schlußfolgerungen Forels unrichtig sind, indem die von diesem festgestellten Tatsachen sich auf ganz andere Weise einfach erklären lassen. Aus einer von Prof. Halbfaß berechneten Tabelle geht deutlich hervor, daß die Forelsche Annahme, die Änderungen nähmen mit der geographischen Breite zu, in ihrer Allgemeinheit durchaus falsch ist, sofern man nämlich Seen mit annähernd gleichen morphometrischen Verhältnissen, also z. B. gleicher mittlerer Tiefe, einander gegenüberstellt. Die geringsten Änderungen weisen nämlich der Comer See und der Mjösensee auf, die vierzehn Breitengrade auseinanderliegen, aber beide ungefähr die gleiche, große mittlere Tiefe von rund 200 *m* besitzen. Unbedeutend sind ferner die durchschnittlichen Tagesschwankungen im Lac du Bourget, Thuner See, Genfer See, Ortasee, im Flüeler, Gersauer und Weggiser Becken des Vierwaldstätter Sees, im Bodensee, Attersee und Loch Morar, alles Seen von bedeutender relativer Tiefe. Je geringer dieselbe wird, desto größer werden auch die Schwankungen, gleichgültig, ob der See, wie der Lac d'Annecy, unter dem 45. oder, wie der Vetternsee, unter dem 60. Breitengrade liegt. Vergleicht man daher den letztgenannten See mit dem Comer See oder Genfer See, so besitzen letztere weit kleinere Schwankungen, aber nicht deshalb, weil sie südlicher liegen, sondern weil sie relativ wie auch absolut tiefer sind. Daher ist auch der Betrag im Luzerner Becken erheblich größer als im Weggiser und in diesem wieder größer als im Gersauer Becken des Vierwaldstätter Sees. Ausnahmen von der angedeuteten Regel kommen freilich auch hier vor; der Lac d'Annecy zeigte sowohl 1890/91, wie 1891 größere Schwankungen als der Wörther See, obwohl die mittlern Tiefen dieselben sind, und er ein größeres Volumen besitzt. Mag diese Erscheinung für die Abkühlungsperiode 1890/91 auf die 1½ Monate längere Beobachtungszeit beim Wörther See zurückgeführt werden können, so scheinen doch, da 1891 die Zeiträume bei beiden Seen annähernd die gleichen waren, geographische Ursachen eine Rolle zu spielen, vermutlich die verschiedene Wirkung des Bergschattens. Ähnlich scheinen die Verhältnisse beim Lac de Nantua und dem Schliersee zu liegen. Der größere Betrag der Schwankungen im Gmundener See gegenüber dem absolut wie relativ flachern Atter- und Starnberger See wird sicherlich von seiner stärkern Durchflutung beeinflußt. Der Betrag ungewöhnlich hoher Schwankungen pro Tag hängt zu sehr mit der Länge solcher Schwankungsperioden zusammen, als daß er ohne weiteres bei einzelnen Seen miteinander verglichen werden könnte, aber so viel

[1]) Petermanns Mitteilungen 1905. p. 219.

läßt sich doch auch allgemein aus diesen Zahlen entnehmen, daß sie in nordischen Seen durchaus nicht durchschnittlich höher sind als bei mitteleuropäischen. Einer 43-tägigen durchschnittlichen Schwankung von 0.052° im Vetternsee und einer 53-tägigen von 0.056° im Ladogasee stehen 48-tägige von 0.062° im Lac d'Annecy, 63-tägige von 0.059 im Lac de Nantua, 34-tägige von 0.080° im Wörther See, 49-tägige von 0.041° im Luzerner Becken, 58-tägige von 0.060° im Weißen See (Vogesen) gegenüber, und wenn solche tägliche Änderungen im Genfer und Comer See nicht vorkommen, so gilt das gleiche auch vom Loch Morar und vom Mjösensee. Das von Forel aufgestellte klimatologische Gesetz scheint auf Grund des beigebrachten erdrückenden Beweismateriales gegen dasselbe nicht den Tatsachen zu entsprechen.

Der Neusiedler See. Das geologische Studium des Neusiedler Sees ergibt nach Th. v. Czontagh, daß er infolge seines gegenwärtigen niedrigen Wasserstandes immer mehr an Wasseroberfläche verliert und versumpft. Weder im Becken, noch am Ufer sind wesentlichere Quellen vorhanden, das Wasser stammt hauptsächlich von den einmündenden Bächen und den Niederschlägen. Bei einer eventuell vorzunehmenden Trockenlegung der Fläche kämen drei Hauptgruppen in Betracht: eine gute im west- und nordwestlichen Teile des Sees, eine weniger gute im südlichen Abschnitte und eine schlechte in den mittlern, tiefstgelegenen, sowie den östlichen und nördlichen Partien des Seebodens. Am zweckmäßigsten wäre es, wenn das wasserenthaltende Becken des Neusiedler Sees ganz auf die östliche Seite gedrängt würde bei möglichster Umgehung der tiefsten Stellen, der Rest aber trocken gelegt würde. Auf diese Weise würden einesteils weite Flächen für die Kultur gewonnen werden, anderseits der noch immer ansehnliche, für die wirtschaftlichen Verhältnisse wenig oder gar nicht geeignete Teil von einer höhern Wassersäule bedeckt gehalten werden können, als es jetzt mit dem gesamten Seegrunde der Fall ist. Das Seewasser würde nicht nur zu einer sehr rentablen Fischzucht, zu Badezwecken und eventuell zur Bewässerung der trocken gelegten Teile verwertbar, es würde auch seinen bisherigen wohltätigen Einfluß auf die klimatischen Verhältnisse beibehalten.[1])

Alter und Entstehung des Würmsees. Nach Prof. Penck fällt die Entstehung dieses Seebeckens in die Zeit der letzten Vergletscherung, und es kann also nur durch das fließende Eis geschaffen worden sein. Dieser Auffassung tritt Prof. W. Ule auf Grund neuer eigener Untersuchungen an Ort und Stelle entgegen.[2]) Er kommt

---

[1]) Globus 1904. **88**. Nr. 2. p. 34.

[2]) Zeitschrift der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1904. Nr. 9. p. 561 f.

zu dem Ergebnisse, daß im Gebiete des Würmsees bereits vor dem Heranrücken des Gletschers der jüngsten Eiszeit (Würmeiszeit nach Penck) ein See bestanden hat. „Die Entstehung des Beckens fällt also in die Zeit nach Ablagerung des Deckenschotters und vor Eintritt der letzten Vergletscherung. Wir müssen annehmen, daß hier ein Tal schon vor der ältern großen Vergletscherung (der Rißeiszeit nach Penck) vorhanden war und somit bereits für den Gletscher der äußern Moränen der Weg gewiesen war. Er bewegte sich in demselben Bette wie sein Nachfolger, was aus dem parallelen Verlaufe der innern und äußern Moränen hervorzugehen scheint, worauf wir auch bereits in unserer Arbeit über den Würmsee hingewiesen haben.[1]) Dieses Tal dämmte dann der Gletscher der ältern Eiszeit ab, so daß nach seinem Rückzuge sich in seinem verlassenen Bette ein See aufstauen mußte, dessen Spiegel um fast 10 *m* höher lag als der gegenwärtige Wasserspiegel. In den See baute dann einer der zahlreichen Flüsse, die dem letzten Gletscher vorangingen, das Delta von Seeshaupt hinein, und in ihn ergoß sich schließlich der Gletscher selbst. Beide Gletscher vermochten aber nicht, die Form des alten Flußtales ganz wieder zu verwischen.

Diese Art der Entstehung des Würmsees erklärt auch ungezwungen das Fehlen zusammenhängender Ablagerungen von Niederterrassenschotter im Bereiche des Beckens. Zur Ablagerung von solchem konnte es erst kommen, nachdem das ganze Becken durch den Gletscher ausgefüllt war. Die tatsächlich vorhandenen Lager von Niederterrassenschotter dürften somit mehr lokale Bildungen sein. Da die Gletscherzungen in den Talbecken sicher einen raschen Vorstoß nahmen, so bewegten sich zu gleicher Zeit auf den zwischenliegenden Landflächen noch viele fließende Gewässer, die überall in den Senken Schotter ablagerten.

Da die Bildung des Seetales sofort nach Ablagerung des Deckenschotters begann, so wird auch die große Tiefe des Sees durchaus verständlich. Nachdem das fließende Wasser den Deckenschotter durchschnitten hatte, arbeitete es in dem weichen Tertiär, in dem nun eine schmale Furche bis zu dem Niveau von 460 *m* bei natürlichem Gefälle wohl zu schaffen möglich war, da damals auch in dem Gebiete außerhalb der äußern Moränen die Flüsse noch tiefer eingeschnitten waren als heute. Wir haben im Würmsee und auch im Ammersee den Rest eines interglazialen Talsystems vor uns, wie es vor der ältern großen Eiszeit im wesentlichen schon bestanden hat. Der Ausgang des Würmseetales lag aber wahrscheinlich an einer andern Stelle als gegenwärtig. Denn die Würm durchschneidet bei Mühltal den Hochterrassenschotter und greift auch noch in das Tertiär ein. Die Talsohle der interglazialen Würm muß jedoch etwa 120 *m* tiefer liegen, also in dieser Mächtigkeit von dem Materiale

[1]) Der Würmsee usw. p. 89.

der äußern Moräne, des Niederterrassenschotters und der innern Moräne überlagert sein.

Durch das höhere Alter des Würmsees findet weiter auch die auffallende Erscheinung, daß die heutigen Flußtäler vielfach von ihrem ursprünglichen Laufe abgelenkt sind, eine einfache Erklärung. Schon Gümbel sprach die Ansicht aus, daß irgend ein Vorgang die Ausfüllung der Seebecken nach ihrer Bildung verhütet haben müsse. Dieser Vorgang war die Ablagerung von Schotter in der Form eines Deltas in die nach der zweiten Eiszeit bereits vorhandenen Seebecken. Die folgenden Gletscher überschritten dann diese Ablagerungen, senkten sich in die Wannen ein und wuchsen hier zu großer Mächtigkeit an. Sie füllten demnach die alten Talwege vollkommen aus, so daß das fließende Wasser sich neue Wege nach dem Vorlande bahnen mußte. Sehr wahrscheinlich war das Seetal auch noch vom Gletscher eingenommen, als weite Gebiete oberhalb des Sees schon eisfrei waren, wodurch ebenfalls eine Veränderung im Systeme der fließenden Gewässer nach Rückgang des Gletschers bedingt wurde.

Die Entstehung des Sees hat sich somit nach Ules Ansicht in folgender Weise vollzogen:

„Nach Ablagerung der Nagelfluhdecke, des fluvioglazialen Gebildes einer ältern Eiszeit, setzte eine lebhafte Wassererosion ein, durch welche das Tal des heutigen Sees bereits geschaffen wurde. In dieses Tal ergoß sich der Gletscher der großen oder alten Eiszeit (Rißeiszeit), dämmte es mit seinen Schottern ab und hinterließ die große Hohlform, die sich nun mit Wasser anfüllte bis zu einem Niveau, das um 10 *m* höher lag als der jetzige Wasserspiegel. In diesen See ergoß sich eines der Gewässer, die der jüngsten Eiszeit (Würmeiszeit) voraufgingen, und baute vor seiner Mündung ein großes Delta auf. Nunmehr rückte der Gletscher dieser Eiszeit selbst heran und strömte in die vorhandene wassererfüllte Hohlform hinein, füllte sie vollkommen aus und warf an ihrem Ende neue Moränenwälle auf, die jetzt ihr einstiges Bett umrahmen, nicht aber die Ursache der Abdämmung des Seetales sind. Zur Zeit der Ausfüllung des Beckens durch das Eis bildeten sich für die fließenden Gewässer neue Täler, durch die auch nach dem Schwinden des Gletschers das Wasser zur vorgelagerten Ebene abfloß, wodurch das Becken vor einer selbst spätern Zuschüttung bewahrt geblieben ist."

Der Öschinensee im Berner Oberlande ist von Dr. M. Groll (1901 und 1902) geophysikalisch untersucht worden.[1]) Zunächst hat der Beobachter eine genaue auf trigonometrischen Aufnahmen beruhende Karte des Seebeckens hergestellt, die als Unterlage für die (700) Auslotungen diente.

[1]) 19. Jahresbericht der Berner Geogr. Gesellschaft.

„Bei einer größten Länge von 1700 *m* und einer größten Breite von 950 *m* ist der Öschinensee mit 56.6 *m* Maximaltiefe tiefer als die meisten ausgeloteten Hochgebirgsseen. Sein Becken ist ebenso einfach gestaltet wie seine Umrisse. Wenn nicht das Berglibachdelta und die zwei Deltas im Südosten vorhanden wären, so hätte man nur eine ungegliederte, längliche, in der Talrichtung gestreckte Mulde vor sich. Durch die weit in den See vorgeschobenen Ablagerungen der Gletscherbäche ist das einstmals einförmige Becken umgestaltet worden. Die feinsten Schlammpartikelchen, die das Seewasser schmutzig färben, füllten zugleich seinen Boden auf."

„Der größte Teil des Seebeckens (mehr als ein Drittel) entfällt auf die Seesohle. Dieselbe ist in allen reifern Seen vorhanden, welche Zuflüsse aufnehmen. Es ist immer eine Ebene, die keine dem Auge sichtbaren Niveauunterschiede aufweist. Sie ist das Resultat der Ablagerung des feinsten Schlammes der Flüsse, sowie der hinabgesunkenen abgestorbenen Organismen. Nur ganz junge, eben erst gebildete Seen entbehren einer Sohle. Daß der Öschinensee eine ebene Sohle besitzt, beweist, daß er nicht mehr ganz jung ist, sondern bereits den Reifezustand erreicht hat. Die tiefste Stelle der Sohle (56.6 *m*) befindet sich ziemlich genau in der Seemitte, südwestlich der Einmündung des Berglibaches. Zu dieser größten Seetiefe senkt sich der Boden ganz allmählich, etwa von der 50 *m* - Isobathe ab. Man kann das ganze Gebiet als völlig eben betrachten. Die Ränder des Deltas und der große Schuttkegel des Südwestufers rücken immer mehr der Seemitte zu."

Die Seeoberfläche umfaßt nach den Bestimmungen des Verf. bei Normalwasserstand 1.160 *qkm*, das Volumen $40^1/_5$ Millionen *kg*, bei Minimalwasserstand nur 25¼ Millionen. Die mittlere Tiefe beträgt normal 34.7, bei niedrigstem Wasserstande 29.5 *m*. Die größte Tiefe ist 56.6 *m*, die mittlere 34.6 *m* bei normalem Wasserstande. Was die Entstehungsweise des Sees anbelangt, so ist er offenbar durch eine Schuttmasse, nördlich von Spitzstein stammend, aufgedämmt worden. Der höchste Wasserstand tritt im September ein, und da kein oberirdischer Abfluß existiert, kann die Wassermenge nicht schnell abfließen. Mit der Ausbreitung der Seeoberfläche über das umgebende Gelände werden zwar neue Sickerkanäle eröffnet; diese sind jedoch so klein, daß sie trotz ihrer Vermehrung der zu bewältigenden Abfuhr nicht zu genügen vermögen. Die Wassermengen werden also aufgespeichert, um dann bis zum Frühjahre allmählich unterirdisch abzufließen."

In der warmen Jahreszeit ist der See derartig getrübt, daß sein Wasser fast undurchsichtig ist. Ein Vergleich mit der Tabelle der Wasserstände zeigt, daß dieser Zustand in der Zeit des höchsten Wasserstandes, also des größten Zuflusses, vorherrscht. Mit Eintritt des Herbstes lassen die Zuflüsse, also auch der Schlammgehalt nach. Das Seewasser klärt sich und wird nun überraschend durchsichtig.

Mit der Eisschmelze im Frühlinge tritt sofort wieder eine außerordentliche Trübung ein, welche im Juli ihr Maximum erreicht.

Während der warmen Zeit besitzt der See eine schöne grüne Farbe, die jedoch mit Beginn des Herbstes in ein immer reineres Blau übergeht.

Die Temperaturen der Wasseroberfläche sind, wie die Beobachtungsreihen aus den drei Sommern ergeben, im Sommer ziemlich hoch und einander sehr gleich. Sie erheben sich jedoch wohl kaum jemals über 17°. Scharf setzen während dieser Zeit die höher erwärmten, selten mehr als 3 *m* mächtigen Schichten nach unten in sogenannten Sprungschichten ab. So bezeichnet man bekanntlich nach Richter diejenigen Schichten des Seewassers, die außergewöhnlich rasche Temperaturabnahme, d. h. auf geringen Tiefenunterschieden große Temperaturunterschiede aufweisen. Die Abkühlung im Herbste setzt gleichmäßig an der Oberfläche und in der Tiefe ein, während in den mittlern Schichten noch eine nach der Tiefe fortschreitende Erwärmung zu konstatieren ist. Im Winter verändern sich die Wassertemperaturen unter der geschlossenen Eisdecke fast nicht.

Die Entstehungsweise der Glarner Hochseen behandelt S. Blumer in einer Inauguraldissertation. Sie ist nach dem Verf. eng mit der eiszeitlichen Vergletscherung verknüpft. Die Seen des Sernifitgebirges sind meist karähnliche Hohlformen, die teils Felsbecken sind, teils in glazialen oder fluvioglazialen Aufschüttungen liegen. Die Seen des Kalk- und Schiefergebirges sind Dolinenseen, die ihre Entstehung in erster Linie der chemischen und mechanischen Erosion des durch Spalten abfließenden Wassers, in zweiter Linie der Wirkung einer ehemaligen Gletscher-, bzw. Firneinlagerung verdanken. Die Lage der eiszeitlichen Schneezone kann aus der vertikalen Verbreitung der Karseen, sowie der Kare ohne Seen auf 1300 bis 1500 *m* geschätzt werden, während die maximale Eisstromhöhe des Linthgletschers im Glarner Hinterlande 1400 bis 1500 *m* betrug.

Über die Entstehung der großen Alpenseen verbreitete sich Prof. Penck.[1]) Nach seiner Ansicht bezeichnen sie das Ende der glazialen Talübertiefung, welches nahe mit dem Ende der eiszeitlichen Gletscher, deren Zungenbecken sie ausfüllen, zusammenfiel. Ihre Wannenform gehe im wesentlichen, nicht aber in ihrer gesamten Tiefe auf glaziale Erosion zurück, die notwendig dort eintrat, wo die Gletscher endigten, und große Endmoränenwälle und Schottermassen sich auftürmten. Die Seen sind daher zum Teile auch durch die glaziale und fluvioglaziale Abdämmung entstanden, die im Süden sehr viel bedeutender sich entwickelte als im Norden. Hierauf sei auch der Tiefenunterschied der deutschen Alpenseen, die 100 *m* nur wenig

[1]) Geogr. Zeitschrift **9**. Heft 7.

überschreiten, und der italienischen Alpenseen, die zum Teile 400 *m* überragen, zurückzuführen. Die großen Alpenseen nehmen aber nur Teile der übertieften Talsysteme im Bereiche der glazialen Diffluenz ein, nämlich nur diejenigen Strecken, deren Sohle ein Gegengefälle durch das Nachlassen der Erosion und durch die glaziale Akkumulation erhielt, und sind daher nicht mit allen übertieften Talstrecken verbunden. Das beste Beispiel dafür bietet das Tal der Etsch.

Die wissenschaftliche Untersuchung der schottischen Seen wird von der unter Sir John Murray stehenden Lake Survey fortgesetzt. Über die neuesten Ergebnisse berichtet nach den Veröffentlichungen im Geogr. Journal (1904) Dr. Halbfaß.[1]) Diese Mitteilungen beziehen sich auf die Seen des Morarsystems, Loch Morar, Loch Beovaid und den kleinen Loch Nostarie. Die beiden zuerst genannten sind echte Felsbecken in kristallinischen Moineschichten und liegen in Talschluchten, deren Richtung von dem Streichen der geologischen Schichten ihrer Umgebung ganz unabhängig ist. Loch Morar, dessen Ausfluß einst in der Südwestecke des Sees lag, was sich aus seiner Tiefenkarte deutlich ergibt, ist der tiefste See Schottlands wie Englands überhaupt, in Europa wird er an Tiefe nur noch von acht Seen übertroffen. Fast seine gesamte Wassermenge befindet sich unterhalb der Meeresoberfläche, er bildet also eine sehr deutlich ausgesprochene Kryptodepression. Sein Becken ist nicht ganz einheitlich gestaltet, doch liegt die größte Tiefe ziemlich genau in der Mitte. Die Temperaturuntersuchungen ergaben unter anderm das interessante auch von Halbfaß mehrfach konstatierte Resultat, daß am 28. März 1903 die gesamte Wassermenge von unten bis oben die gleiche Temperatur von 5.5° besaß. Der Planktongehalt von Loch Morar ist entsprechend der großen Durchsichtigkeit des Wassers sehr gering. Bemerkenswert ist das vollkommene Fehlen aller Daphnienarten, die in dem nur eine englische Meile entfernten, mit dem Loch Morar durch einen Strom verbundenen Loch Nostarie sehr reichlich auftreten. Loch Beovaid besteht aus zwei räumlich durch eine Untiefe von nur 18 *m* Wasser getrennten Becken, von denen das westliche eine Tiefe von 42, das östliche eine solche von 48 *m* erreicht. Ferner werden die vorläufigen Ergebnisse der Untersuchungen über den Loch Ness mitgeteilt, dessen größte Tiefe mit 229 *m* zwar hinter derjenigen des Loch Morar zurücksteht, der ihn aber wegen seines größern Areales und seiner bedeutendern mittlern Tiefe (133 *m*) an Volumen um mehr als das Dreifache übertrifft und jedenfalls der volumenreichste aller Seen des Vereinigten Königreichs ist. Eine Tiefenkarte des Sees ist bis jetzt noch nicht herausgegeben. Die Seichesbeobachtungen am Fort Augustus,

[1]) Globus **87**. p. 97.

die im Juni 1903 ihren Anfang nahmen, ergaben eine Uninodalschwingung von 31.5 Minuten, die nur selten rein auftrat, eine sehr viel häufigere und besser ausgeprägte Binodalschwingung von 15.3 und eine weitere Schwingung von nur 8.8 Minuten. Untersuchungen über die elektrische Leitungsfähigkeit der Luft, die sich im Wasser innerhalb eines Gefäßes befand, ergaben, daß dieselbe 75% der Leitungsfähigkeit der Luft im geschlossenen Gefäße außerhalb des Wassers betrug. Das betreffende Gefäß befand sich in einer Tiefe von rund 40 *m* unterhalb der Wasseroberfläche. Beobachtungen über den Einfluß des Windes auf die Wärmeverhältnisse des Loch Ness, die Sir John Murray schon vor mehr als sechzehn Jahren gemacht, jetzt aber in vergrößertem Maße wiederholt hat, zeigen, daß die isochronischen Isothermenflächen keineswegs Ebenen bilden, sondern gekrümmte Flächen mit sehr wechselnden Krümmungswinkeln. Der Einfluß des Windes beschränkt sich keineswegs auf die obern Wassermassen, sondern geht bis in Tiefen von 150 *m* und mehr herab, wo die Isothermenflächen beinahe noch ebenso weit von horizontalen Ebenen abweichen, wie näher der Oberfläche. Um den Verlauf der Wärmekonvektionsströme, welche die Umlagerung ungleich erwärmter Wasserschichten bewirken, genauer zu studieren, wurde am Fort Augustus in einer Tiefe von 60 *m* von Ende Juli bis Mitte November fast ununterbrochen täglich zweimal die Temperatur gemessen. Es ergab sich dabei das überraschende Resultat, daß die Temperatur, deren äußerste Extreme etwa 5° auseinander lagen, regelmäßig innerhalb einer Periode von drei Tagen schwankte, die auch bis in die größten Tiefen hinabreichte, während in den obern Schichten die Regelmäßigkeit durch Konvektionsströmungen gestört war, die die Folge von Windstauungen waren.

Der Obere See in Nordamerika wurde teilweise auf Grund eigener Reisen von Prof. Dr. A. Oppel geschildert.[1]) Nach den neuesten Feststellungen durch das Corps of Engineers des War Department der Vereinigten Staaten bedeckt er eine Fläche von 81 408 *qkm*. Da sein Zuflußgebiet 124 416 *qkm* ausmacht, so umfaßt sein gesamtes Land- und Wassergebiet ein Areal von 205 824 *qkm*. Der nächstgrößte Süßwassersee der Erde ist der Viktoria Njansa im äquatorialen Afrika mit einem Wasserspiegel von 68 480 *qkm*.

Der Obere See hat eine unregelmäßige Gestalt, die namentlich durch mehrere halbinselartige Vorsprünge an der Südseite und durch das Auftreten größerer Inseln an der Nordseite zustande kommt.

Die Südküste verläuft nicht geradlinig, sondern besteht aus drei deutlich wahrnehmbaren Einbuchtungen, die in der Richtung von Westen nach Osten an Umfang beträchtlich zunehmen. Die westliche und verhältnismäßig kleinste Einbuchtung, die in ihrem

[1]) Globus **87**. p. 229.

westlichsten Teile als Fond du Lac bezeichnet zu werden pflegt, wird im Osten durch die Halbinsel Bayfield begrenzt.

Die mittlere Einbuchtung wird im Westen durch die Halbinsel Bayfield mit den Apostelinseln, im Osten durch die Halbinsel Keweenaw abgeschlossen.

Die östliche Einbuchtung der Südküste ist die größte; auch schneidet sie am tiefsten südwärts in das Land ein.

Auf Grund 40-jähriger Messungen (1860 bis 1903) liegt der Spiegel des Oberen Sees im Mittel 183.695 *m* über dem durchschnittlichen Ebbestande in New-York. Ebbe und Flut sind nicht vorhanden, wohl aber Schwankungen des Wasserstandes, die sich nach den jemaligen Zuflußverhältnissen richten und daher von Jahr zu Jahr einen verschiedenen Betrag erreichen. Das sogenannte Standard low water, d. h. der äußerste beobachtete Tiefstand, welcher auch die Grundlage für die neuern Karten bildet, beträgt 183.171 *m*, das Standard high water 184.622 *m*, der Unterschied zwischen beiden also 1.451 *m*.

Im allgemeinen ist der Obere See tief und hat selbst an den Küsten nur wenige seichte Stellen. Solche finden sich an der amerikanischen Seite, welche viel besser untersucht ist als die kanadische, beispielsweise an der Westseite der White Fish Bay und an der Chaquamegon Bay (Ashland). Sonst reicht fast überall genügend tiefes Wasser für die Schiffahrt bis an die Küsten heran. An der amerikanischen Seite ist das Fahrwasser überall bis zu einer Küstenentfernung von 15 bis 20 *km* ausgelotet. Außerdem sind einige Querprofile ausgemessen. Der kanadische Teil ist in beiden Beziehungen noch recht rückständig. Die bisher gefundene größte Tiefe des Sees mit 308.66 *m* liegt ungefähr in der Mitte des östlichen Beckens bei 47° 43′ nördl. Br. und 87° 4′ westl. L. v. Gr. Ferner zeigt sich, daß durch das östliche Becken eine tiefe Rinne geht, die von der Insel Michipicoten aus nach Westen verläuft. Eine beträchtliche Einsenkung begleitet auch den Küstenabschnitt, der sich von Duluth aus in nordöstlicher Richtung erstreckt. Tiefen von 200 und mehr Metern finden sich hier schon in einer Küstenentfernung von 10 *km*. Recht tief, an einigen Stellen bis 270 *m*, ist auch der Kanal, welcher Isle Royale von der Nordküste des Sees bei Thunder Bay trennt. Daß noch tiefere Stellen vorhanden sind als die bisher angetroffenen, erscheint nicht unwahrscheinlich.

Soweit bei den Lotungen Bodenproben erhalten worden sind, hat man meist Ton (clay) zutage gefördert, an manchen Stellen aber auch Sand und Felsen gefunden.

Im allgemeinen ist der Obere See reich an kalten Winden und feuchten Nebeln. Wenn Stürme auftreten, kommen sie vorzugsweise von Nordwest oder Nordost, namentlich im Frühjahre und Herbste. Die Nebel erscheinen hauptsächlich im Sommer. Böen treten besonders nach Gewittern auf.

Während des Winters friert der See längs einer breiten Küstenzone zu. Zufolge vieljährigen Beobachtungen erfolgt durchschnittlich die zusammenhängende Eisbildung zuerst (bei Passage Island, nordöstlich von Isle Royale) am 19. November, das Aufgehen der Eisdecke zuerst am 19. April (in Grand Marais Harbour).

Der Ausfluß des Oberen Sees nach dem Huron erfolgt durch den St. Mary's River; er hat eine Gesamtlänge von 97 *km*. Die Wassermenge, welche der Fluß aus dem Oberen See wegführt, beträgt bei mittlerm Wasserstande 60 000 Kubikfuß in der Sekunde, pro Fuß Steigung des Wasserspiegels aber 15 500 Kubikfuß mehr. Der Huronsee liegt reichlich 6 *m* tiefer als der Obere, und dieser Höhenunterschied wird durch eine Stromschnelle überwunden, die als Sault Ste. Marie bekannt ist und zugleich die Grenze zwischen der Union (Michigan) und Kanada (Ontario) bildet. In ihrer äußern Erscheinung erinnert diese Stromschnelle lebhaft an die eindrucksvollen Rapids des Niagaraflusses oberhalb und zu beiden Seiten von Goate Island. Die Breite des Sault Ste. Marie, der neuerdings durch eine Eisenbahnbrücke überspannt ist, wechselt zwischen 500 und 1000 *m*. Von der Stromschnelle aus verläuft der St. Mary's River ganz ruhig, wird aber durch mehrere Inseln in schmale Kanäle zerlegt, während er sich anderwärts seenartig ausbreitet.

Das Zuflußgebiet des Oberen Sees bedeckt eine Gesamtfläche von 124416 *qkm* und legt sich um ihn als ein Gürtel von ungleicher Breite.

Das Stromgebiet des Nordwest- und Nordufers wird durch einen geradezu fabelhaften Reichtum an Seen der verschiedensten Größe gekennzeichnet, und es gibt nur wenige Zuflüsse, die nicht mit solchen irgendwie zusammenhängen. Auch weicht hier die Wasserscheide durchschnittlich weiter vom Seegestade weg als auf der Süd eite, stellenweise bis auf Entfernungen von 200 *km* in der Luftlinie.

In das Westende des Sees mündet der St. Louis River, der sich aus zahlreichen Seeabflüssen wie Otter, Cedar, Big White Face und Cloquet River bildet und selbst seinen Ursprung in dem Kaginoshensikagsee auf der Mesabi Range nimmt.

Er wird von manchen Geographen als der eigentliche Quellfluß des St. Lorenzstromes angesehen, welcher Auffassung Dr. Oppel sich nicht anschließt. „Wenn der St. Lorenz," sagt er, „eine andere Quelle als den Oberen See haben soll, so kann dies nur der Nipigonsee mit seinem Hauptzuflusse und mit seinem gleichnamigen Abflusse sein. Denn einmal kommt von da aus die größte Wassermenge in den See; ferner hat der Nipigonfluß ein sehr starkes Gefälle, und die Quelle des Haupttributärs des Nipigonsees entfernt sich am weitesten (gegen 200 *km* in gerader Linie) vom Gestade des Oberen Sees. Auch liegt der Nipigonsee in der Hauptachse der Strom-

richtung des St. Lorenz, wie sie dem Zuge der größten Tiefen des Superior entspricht.

Was die Gesamtumrahmung des Oberen Sees betrifft, so zeigt er sich fast überall von mehr oder weniger ansteigenden Landhöhen plateauartiger Gestaltung umgeben, die rund 450 *m* über Meereshöhe haben und den Spiegel des Wassers fast um 300 *m* überragen. Wollte man diese wasserscheidenden Anhöhen vom Grunde des Sees aus messen, so würden Beträge von 600, in einzelnen Fällen von fast 800 *m* herauskommen.

Vor der Besiedlung durch Weiße war das Uferland des Oberen Sees eine ungeheuere Waldwildnis, unterbrochen teils von unzähligen Seen, kataraktenreichen Flüssen und ausgedehnten Sümpfen, teils von kahlen, starren Felsgebilden oder sanft gerundeten und geritzten Steinbuckeln. Die Wälder waren reich an jagdbarem Wilde, namentlich Elen, Hirsch, Bär und Karibu (wildes Rentier), die Gewässer wimmelten von Fischen. Seit dem Beginne der Besiedlung hat sich in diesen Zuständen manches geändert, namentlich sind die früher endlosen Wälder durch Axt und Feuer furchtbar gelichtet worden, denn die erste Ausnutzung dieser Gebiete bestand in dem Abhauen und Zersägen der Waldbäume. Große Brände entstanden teils durch Zufall, teils durch Unachtsamkeit, teils wurden sie mit Absicht angelegt, um die Abholzung zu erleichtern und die Wegsamkeit zu erhöhen. Ausgedehnte zusammenhängende Bestände findet man daher kaum noch, sondern meist nur vereinzelte Parzellen und Haine oder aus wenig gesuchten Holzarten bestehend. Wo aber noch brauchbare Hochwälder vorhanden sind, werden sie im Laufe der nächsten Jahre demselben Schicksale anheimfallen wie die jetzt abgeholzten und durch Feuer verwüsteten Landstriche.

Die Niederungen zwischen den Hügeln und die tafelförmigen Flächen sind nicht selten und auf große Ausdehnung versumpft, sie tragen dann eine dichte Decke aus Moosen und ähnlichen Gewächsen, aus denen hier und da schwächliche Exemplare von Tamarack und Zeder emporragen. Solche moorige Distrikte werden wohl auch als Muskegs (indianisches Wort) bezeichnet. In vielen Fällen scheinen sie dadurch entstanden zu sein, daß größere Wasserflächen teilweise abgeflossen und ausgetrocknet sind, und in manchen von ihnen ist nach der Mitte zu noch gegenwärtig ein ansehnlicher Teich übrig geblieben. In der Umgebung dieses Wasserspiegels wuchert eine dichte Vegetation. Da, wo ein Muskeg an einen wirklichen See stößt, wird er bisweilen bei Hochwasser überschwemmt. Anderseits, wo Muskegs in unmittelbarer Nähe von Wäldern lagen, ist zuweilen das Feuer mit so furchtbarer Gewalt aufgetreten, daß sogar die Sumpfvegetation zerstört und an deren Stelle Graswuchs getreten ist.“

Über den Wasserstand des Tsadsees bemerkt Oberst Jackson[1]) auf Grund eigener Anschauung, das Zusammenschrumpfen des Sees sei zurückzuführen im Osten auf die Versandung durch den hereingewehten Wüstensand, im Süden durch das Sinken des Niveaus wahrscheinlich infolge der Abnahme der Regenmenge, die wieder durch die zunehmende Entwaldung der Ufer erklärt wird. Das Seebett ist im Südwesten so flach, daß ein Sinken der Wasserfläche um wenige Zoll im Areale des Sees sich schon sehr deutlich bemerkbar macht. Jackson meint jedoch, daß das Niveau nicht so rapide sinkt, wie gewöhnlich angenommen wird. Man könne darüber jetzt keine genaue Kenntnis haben, da das Niveau der Verschiedenheit des Regenfalles entsprechend von Jahr zu Jahr variiere. Auf die Aussagen der Eingeborenen sei nicht viel Verlaß. Man erzählte dort von einer elfjährigen Periode der höchsten Wasserstände. Ein alter Mann sagte Jackson, daß vor 40 Jahren das Hochwasser gewöhnlich alljährlich die Mauern der Stadt Seram (Wulgo gegenüber) bespült habe, die heute 2,5 *m* über dem Wasserspiegel liegt, daß es aber seitdem beständig zurückgegangen sei. Jackson hält diese Angaben für übertrieben und verweist darauf, daß das Hochwasser von 1893 im Westen etwa denselben Punkt erreicht habe, wie das von Barth für 1854 erwähnte, nämlich die Stadt Ngornu. Eine interessante Erscheinung ist das zweite Hochwasser, das um die Mitte der Trockenzeit, um Weihnachten, kommt und am höchsten zu sein pflegt. Die Regenzeit in Bornu geht mit dem September zu Ende und Mitte November auch das Hochwasser des Schari, so daß der See zurücktritt. Um Weihnachten aber steigt er wieder, und zwar in der Regel höher als zuvor. Diese Erscheinung ist also nicht auf die Zuflüsse oder den Regen zurückzuführen, sondern auf den starken Nordostwind, und macht sich an dem offenen Westufer weniger deutlich bemerkbar als in der Bucht im Südosten. Diese ist fast ganz mit 2½ bis 3 *m* hohem Grase und Rohr bedeckt, und dort geht das Wasser, das der heftige Nordost vor sich hertreibt, zeitweise über 800 *m* über den flachen Boden und zieht sich zurück, sobald der Wind sich legt. Jackson meint, es sei vielleicht möglich, daß die zweite Flut nur in der südöstlichen Bucht vorkommt, daß der nördliche Rand der Vegetation, die diese Bucht blockiert, dem durch den Wind hervorgerufenen Andrängen des Wassers eine Zeitlang widersteht, und daß, wenn er nachgibt, das Wasser hereinstürzt.

Der Suaisee in Abessinien ist von Hugues le Roux erforscht worden. Er ist ein Natronsee, der bisweilen so große Gasmengen entwickelt, daß die Fische darin sterben; er ist vulkanischen Ursprunges und etwa 80 *km* lang, 20 bis 60 *km* breit und 80 *m* tief. Im südwestlichen Teile tauchen drei größere Inseln, deren schroffe

[1]) Geogr. Journal 1905 Juli. Globus 1905. p. 211.

Felsen den vulkanischen Ursprung derselben vermuten lassen, aus dem See empor. Sie tragen eine reiche Tropenvegetation und zahlreiche Baumwollpflanzungen. Die Bevölkerung der Inseln zählt gegenwärtig 4000 bis 5000 Köpfe, während sie früher bis 15000 betragen hat. Sie besteht aus zwei verschiedenen Rassen: den Wato, welche mit ihrem schlanken kräftigen Körperbau den Gestalten der Ägypter gleichen, die auf alten Inschriften abgebildet sind. Sie sind noch Heiden und beten Isis und Osiris an; ihre Vorfahren sollen überlieferungsgemäß zur Zeit Josephs das durch eine Hungersnot heimgesuchte Ägypten verlassen haben und nilaufwärts gewandert sein, um sich hier anzusiedeln; sie sprechen eine eigene Sprache, heiraten nur unter sich und leben von der Jagd. Die andere Rasse stammt aus der Provinz Goura in Tigré, von wo sie im Jahre 340 n. Chr. eingewandert ist; sie hat einen unverkennbar jüdischen Typus, der sich wegen der insularen Lage sehr rein erhalten hat.

Das Laibacher Moor bildet den Gegenstand einer großen Monographie von Dr. Ernst Kramer,[1]) der eine geologische Karte im Maßstabe 1 : 75 000 beigegeben ist. Es scheint nach den Untersuchungen des Verf., daß der größte Teil des Moorgebietes früher See gewesen ist, wenigstens führt die Beschaffenheit der durch Bohrungen bekannt gewordenen tiefern Bodenschichten zu dieser Annahme. Im Gegensatze zu den groben Schottermassen, welche die Saveebene ausfüllen, liegen unter der Moordecke, Tone, Lehme, Kalkschlamm mit Süßwasserschnecken. Die tiefste Bohrung, welche über den Moorgrund Aufschluß gibt, wurde anläßlich des Baues der Südbahn zwischen Notranja gorica und Žalostna gora ausgeführt; sie erreichte 51.5 *m* Tiefe und erschloß unter 2 *m* dicker Torfdecke mehrere Lagen von Tegel mit Torfeinschaltungen und Sand; das Grundgebirge wurde nicht angetroffen. Sehr seicht ist hingegen die jüngere Decke zwischen den einzelnen Inselbergen, was wohl darauf schließen läßt, daß diese die Aufragungen eines wellig erodierten Rückens sind.

Der Torf besteht nach Kramers Untersuchungen in vollständigen Profilen von oben nach unten aus folgenden Lagen:

1. Hellbrauner, leichter Sphagnumtorf in Verbindung mit Torf aus Wollgras (Eriophorum), Carex etc. Diese oberste Partie ist eine Bildung des Hochmoores, welches sich aber nur an manchen Stellen über dem Niederungs- (Wiesen-) moore aufbaute.

2. Dunkelbrauner, schwammiger, häufig als Brennmaterial verwendeter Hypnumtorf. An vielen Stellen kommt hier auch Holztorf von 20 bis 30 *cm* Dicke vor; die Wurzeln breiten sich flach

[1]) Kramer, Das Laibacher Moor, das größte und interessanteste Moor Österreichs in naturwissenschaftlicher, kulturtechnischer und landwirtschaftlicher Beziehung. Laibach 1905.

über der nächsttiefern Schicht aus, was auf eine reichliche Durchtränkung der letztern hindeutet.

3. Stark zersetzter Hypnumtorf (oft auch mit Carex usw. zusammen), in welchem besonders nahe den Rändern des Hochmoores gelegentlich Schilftorf auftritt.

4. Sohlbande, ein Gemenge von Torf und Alluvialboden.

Unter dem Sohlbande ist kalkiger Teichschlamm mit zahlreichen rezenten Arten von Süßwasserschnecken sehr verbreitet. Das Moor nimmt nur einen Teil der Niederung ein und ist von einer mehr oder weniger breiten Zone von Alluvial(Mineral)boden umgeben, welcher auf der Karte ausgeschieden ist. In prähistorischer Zeit waren jedenfalls ziemlich ausgedehnte Seestrecken vorhanden, in deren sumpfigen Uferregionen Pfahlbauten bestanden, wie man sie 1875 in größerer Ausdehnung bei Brunndorf erschloß. Den bekannt reichen Funden aus der Steinzeit und Bronzezeit ist ein längerer Abschnitt gewidmet; auch die historische Vergangenheit, über welche allerdings nur sehr lückenhaftes Material vorliegt, wird kurz besprochen.[1])

Die Torfmoore Irlands. Nach den bisher aufgestellten Schätzungen wird fast der fünfte Teil der ganzen Fläche dieses Gebietes von Torfmooren eingenommen. Der Boden, auf dem die Moore liegen, ist nicht immer von gleicher Beschaffenheit, besteht aber in vielen Fällen aus Sand, der von den eiszeitlichen Gletschern zurückgeblieben ist. Die Dicke des Torfes wechselt von $1/3$ bis 13 *m*. Auf den Hügeln und Abhängen sind die Lager dünner, in den Niederungen stärker, so daß ihre Dicke nicht immer Schlüsse auf das Alter zuläßt. Zuweilen ist es in Irland vorgekommen, daß eine solche Torfmasse am Gehänge eines Berges ins Rutschen geraten ist, wodurch beispielsweise im Jahre 1831 fast ein ganzes Dorf zerstört wurde. In den irischen Torfmooren spielt das Torfmoos (Sphagnum), das für die Entstehung der deutschen Torfmoore so überaus wichtig ist, eine verhältnismäßig nebensächliche Rolle und wird dort vielmehr vertreten durch eine kleine Grasart der Gattung Carex. Außerdem kommen dann noch einige kleine Farne und viele Süßwasseralgen vor. Der Torfboden ist sehr unfruchtbar und erfordert wenigstens zwei Jahre Bearbeitung und Düngung, namentlich mit Kalk, ehe er benutzbar wird. Die Ursache dieser Unfruchtbarkeit ist nicht ganz klar; vermutlich ist sie begründet in dem Fehlen einiger notwendigen Mineralsalze und in der Tatsache, daß die stickstoffhaltigen Bestandteile nicht in einer für die Pflanzenernährung geeigneten Form vorhanden sind. Einige Torfmoore sind in guten Ackerboden verwandelt worden, aber sie fallen sehr schnell in ihren unbrauchbaren Zustand zurück, wenn sie vernachlässigt werden.[2])

---

[1]) Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt 1905. p. 209. Dr. F. Kossmat, woraus oben der Text.

[2]) Umlauft, Dtsch. Rdsch. f. Geographie 1905. p. 233.

Die Moore in ihrem geographischen Zusammenhange behandelte Dr. F. Solger.[1]) Mit Früh[2]) unterscheidet er Höhenmoore und Tiefenmoore, zwischen denen einen gewissen Übergang die Gehängemoore bilden. Dieser Übergangsstellung entsprechend, werden unter den Gehängemooren zwei Gruppen unterschieden, von denen die erste den Höhenmooren, die zweite den Tiefenmooren nähersteht. Solger bezeichnet sie als Regenhangmoore und Quellmoore. Die Regenhangmoore, d. h. Moore, die sich auf der Regenseite eines Berges infolge der dort größern Feuchtigkeit entwickeln, sind gleichsam einseitig ausgebildete Höhenmoore. Unter Quellmooren faßt er alle Moore zusammen, die durch Wasseransammlungen an Gehängen (Quellen usw.) bedingt werden. Ihnen würden daher auch die Terrassenmoore Frühs zuzurechnen sein, bei denen die Unterbrechung des Hanggefälles zur Anstauung von Wasser — gleichviel ob oberirdisch oder unterirdisch — führt.

„Die Höhenmoore sind am stärksten abhängig vom Klima, daneben kommt die Bodengestaltung nur insofern in Betracht, als steile Formen den Abfluß begünstigen und dadurch den Wasservorrat vermindern. So ist die Vermoorung auf relativ flache Bodenformen — Kuppen, Rücken, Plateaus — beschränkt. Zu den Höhenmooren sind die Mehrzahl der Wasserscheidenmoore zu rechnen, ja der Name ist bis zu einem gewissen Grade gleichbedeutend. Da es aber auch vermoorte Talwasserscheiden gibt (z. B. das Rote Luch bei Müncheberg in der Provinz Brandenburg), die ihrem ganzen Auftreten nach zu den Tiefenmooren gerechnet werden müssen, so erscheint der Name Wasserscheidemoore als Hauptgruppenbezeichnung ungeeignet und wird am besten auf solche Fälle beschränkt, in denen die Lage auf der Wasserscheide das Moor besonders charakterisiert. Das ist einerseits bei vielen Plateaumooren der Fall, anderseits bei den Mooren der Alpenpässe, die wir als Paß- oder Sattelmoore den Höhenmooren anschließen wollen; denn die Vermoorung ist hier nicht durch die Tieflage des Sattels gegen die umgebenden Höhen begünstigt, sondern durch das geringe Gefälle gegenüber den Gehängen, das lokal Plateaubedingungen schafft, so z. B. auch beim Brockenmoor.

Die Höhenmoore sind ihrem Wesen nach Hochmoore, wenn auch lokal in ihnen Flachmoorbildungen möglich sind. So ist die Benennung „Hochmoor“ denn zuweilen auch geradezu im gleichen Sinne gebraucht worden. Da sie aber im wissenschaftlichen Sprachgebrauche jetzt allgemein eine bestimmte pflanzenbiologische Gruppe bezeichnet, so mußte für die geographische Einteilung ein anderer Name gewählt werden.

Die meisten systematischen Schwierigkeiten bilden die Tiefen-

[1]) Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 9. p. 702.

[2]) Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. Bern 1904.

moore. So verschiedenartig die Ursachen von Wasseransammlungen sind, so verschiedenartig sind auch die Möglichkeiten der Entstehung von Tiefmooren. Am natürlichsten erscheint es, nach der Art der Entwässerungsbedingungen die Tiefenformen in Talformen und Beckenformen zu sondern und demgemäß Talmoore und Beckenmoore zu unterscheiden; erstere knüpfen sich an Flüsse, letztere an Seen und treten in erster Linie als Verlandungsmoore an deren Ufern auf. Dabei sind die Moorbildungen der Flüsse an ebene Talböden gebunden; hier schafft die Tätigkeit des Flusses, der Schlammabsatz, die Flußbettverlegung und das Hochwasser, einige besonders zu berücksichtigende Verhältnisse.

Der mäandernde Fluß schafft in seinen Altwässern Stätten, die der Verlandung und Moorbildung besonders günstig sind. Diese Altwassermoore bilden aber bereits eine Art Übergang zu den Beckenmooren. Dasselbe gilt von den Randmooren der Dammflüsse. Durch die allmähliche Erhöung ihres Bettes schaffen die letztern am Rande ihres Talgebietes Flächen, die teils durch Sickerwässer vom Flusse aus, teils durch Hochwasserüberflutungen mit dauernd zurückbleibenden Wasserlachen, teils auch durch Aufstauung von Nebenflüssen günstige Bedingungen für die Vermoorung bieten. Mit diesen Randmooren sind die Deltamoore in den sumpfigen Teilen der Flußdeltas nahe verwandt. Eine besondere Gruppe der Flußtalmoore aber verdient noch näher betrachtet zu werden, es sind dies die Überschwemmungsmoore. Sie sind teils an klimatische, teils an topographische Bedingungen gebunden. Einerseits setzen sie weite, ebene Gebiete in geringer Höhe über dem Flußspiegel voraus, anderseits verlangen sie ein Klima, dessen Feuchtigkeit ausreicht, um sie durch die Zeit des Niedrigwassers hindurch zu erhalten. Bei der außerordentlich geringen Durchlässigkeit des Torfes für Wasser ist die Grundwasserspeisung dieser über dem Flußniveau gelegenen Moore in der trocknern Jahreszeit eine verhältnismäßig schwache. Zeitweise ist ein Überschwemmungsmoor daher ebenso wie das Hochmoor auf den Regen angewiesen. Aber die regelmäßigen Überschwemmungen mit terrestrischem Wasser, die damit verbundene Verschlickung und die immerhin vorhandene Grundwasserzufuhr geben ihm pflanzlich völligen Flachmoorcharakter. So ist eine Abhängigkeit vom Klima denn auch bei den Tiefenmooren vorhanden. Sie ist am größten bei den Überschwemmungsmooren, am geringsten bei den See- und Flußufermooren, die als Verlandungsmoore dauernder Wasseransammlungen auch in einem sonst verhältnismäßig trockenen Klima denkbar sind.

Noch unabhängiger sind die Torfbildungen am Grunde derartiger Wasseransammlungen, die teils aus Bodenpflanzen, teils aus niedersinkendem Plankton, teils aus eingeschwemmtem Materiale sich zusammensetzen, die Faulschlammbildungen. Ihnen wären die allochthonen Torfe anzugliedern, falls wir sie diesem mehr für autochthone Bildungen berechneten Schema einfügen wollen.

Weit stärker klimatisch bedingt als die Überschwemmungs-

moore sind endlich die Hochmoorkappen, die sich beim sogenannten kombinierten Moortypus auf der Flachmoorunterlage von Tiefenmooren bilden. Sie entsprechen gleichsam einer Randfazies der Hochmoorklimate. Auch für die Hochmoorpflanzen gilt der Satz der Pflanzengeographie: Im Zentrum der Verbreitung einer Art überwiegen für ihr Vorkommen die klimatischen, an den Grenzen die örtlichen Einflüsse, insbesondere die Bodenbeschaffenheit.

Wenn in einem Gebiete Hochmoorvegetationen nur als Krönung alternder Flachmoore erscheinen, so ist das ein Zeichen, daß das Klima ihnen zwar die Möglichkeit zum Fortkommen bietet, aber nur da, wo der Abfluß ein möglichst schwacher ist, wie auf den ebenen, undurchlässigen Tiefenmoorflächen, und wo wie dort gleichzeitig das Gedeihen anderer konkurrierender Pflanzen ausgeschlossen ist."

Verf. gibt die nachstehend tabellarische Zusammenstellung, welche gleichzeitig die wichtigsten klimatischen und topographischen Bildungsbedingungen berücksichtigt.

			Höhenmoore	Gehängemoore	Tiefenmoore	
					Talmoore	Beckenmoore
Hochmoore	Überfluß an Regenwasser. (Feuchte Klimate)		Grenzfall: Regionale Vermoorung			
			Moore der Kuppen, Rücken, Plateaus. Wasserscheidenmoore z. T.	Moore der Regenhänge.	Hochmoorkappen auf Tiefenmooren. (Kombinierter Moortypus)	
Im allgemeinen Flachmoore.	Mäßige und zeitweilige Wasseransammlungen.			Quellmoore. Terrassenmoore.	Überschwemmungsmoore.	(Moore periodischer Seen, Torfbildung zweifelhaft)
	Ständiger Überfluß an terrestrischem Wasser.	Verlandungsmoore			Randmoore der Dammflüsse. Deltamoore. Altwassermoore. Flußufermoore.	Seeufermoore.
		Sedimentation unter Wasser.			Faulschlammbildungen. Allochthone Torfbildungen.	

Was die allgemeine Verbreitung der Moore anbelangt, so ergibt sich aus Frühs kartographischer Darstellung nach R. Solger folgendes: Vermoorung fehlend oder unbedeutend in den Tropen und in den Wüstengürteln, mehr oder weniger allgemein verbreitet polwärts davon. Daher können wir mit Früh von zwei Moorgürteln in den gemäßigten Zonen sprechen. Dabei hat Früh versucht, zwischen schwacher, ziemlich starker und stärkster Torfbildung zu unterscheiden. Nach Solger würde es wünschenswert sein, die Moore zugleich qualitativ auseinanderzuhalten. Dazu reicht allerdings zurzeit das Beobachtungsmaterial noch nicht aus, und zwar eben deswegen nicht, weil zu einer schärfern geographischen Klassifizierung die Bezeichnung der Moortypen zu schwankend ist.

Von dem Grade der Vermoorung ist aber die Intensität der Torfbildung zu unterscheiden, denn bei letzterer ist zugleich die Geschwindigkeit des Anwachsens der Torflager in Betracht zu ziehen. „Innerhalb der Moorgürtel", sagt Solger, „klingt die Vegetationskraft gegen den Pol hin mehr und mehr ab, und damit muß auch die Menge des in gleicher Zeit gebildeten Torfes geringer werden. Umgekehrt werden wir nahe der äquatorialen Grenze des Moorgürtels in hinreichend feuchten Küstengebieten die rascheste Zunahme des Torfes erwarten können. Und wirklich entspricht dem auch etwa das Bild, das wir in der Natur finden. Zwar läßt sich schwer entscheiden, ob die Torfproduktion Irlands oder die der nordamerikanischen Swamps die stärkere ist, doch möchte Verf. die letztern ihrer Mächtigkeit und Ausdehnung nach für die geologisch bedeutsamere Bildung halten. Ihnen schließen sich die außerordentlich starken Vermoorungen der Bermudas- und Chathaminseln an, die die Äquatorialgrenzen der Moorgürtel auf beiden Halbkugeln bilden. Wenden wir unsere Ergebnisse auf die Kohlenlager an, so dürfen wir folgern, daß diese um so eher imstande waren, ein wichtiges Glied in dem gleichzeitig entstandenen Schichtenverbande zu bilden, je mehr ihre klimatischen Entstehungsbedingungen denen der Äquatorialgrenze unserer heutigen Moorgürtel entsprachen. So wird es uns verständlich, daß unsere mächtigsten Tertiärkohlenflötze uns Moore mit der Vegetation der nordamerikanischen Swamps widerspiegeln, während uns in den Steinkohlen meist Baumfarnformationen ähnlich denen der Chathaminseln entgegentreten."

Gletscher und Glazialphysik.

Die Tiefbohrungen am Hintereisgletscher, die seit mehrern Jahren mit Unterstützung des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines unternommen wurden, sind glücklich zu Ende geführt worden. Dr. A. Blümcke und Dr. H. Heß geben eine kurze Übersicht

der wichtigsten dabei erlangten Resultate,[1]) der nachstehendes entnommen ist:

Die Bohrlöcher wurden 8.5 *cm* weit hergestellt, damit ein in ein Blechgehäuse eingeschlossenes, sehr träges Thermometer in dieselben hinabgelassen werden konnte. Auf diesem Wege wurden die im Innern des Gletschers herrschenden Temperaturen gemessen, und es stellte sich heraus, daß sie den dem Vertikaldrucke der Eismassen entsprechenden Schmelztemperaturen gleich sind. Damit ist ein aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleitetes, durch Laboratoriumsversuche geprüftes Resultat für bewegtes Eis in der Natur bestätigt, ein Ergebnis, dessen Richtigkeit Forel und Hagenbach am toten Eise in der Grotte des Arollagletschers nachgewiesen haben.

Für den größten Teil der Zunge des Hintereisgletschers kennt man die Bewegungslinien einzelner Punkte der Oberfläche, die Geschwindigkeit der Strömung, die Größe der jährlichen Abschmelzung, sowie den Betrag, um welchen die Gletscheroberfläche jährlich einsinkt. Mit Hilfe dieser Daten konnten Blümcke und Heß schon 1899 die Querschnitte des Gletschers rekonstruieren unter der Annahme, daß alle vertikal untereinander liegenden Punkte der Gletschermasse gleiche Geschwindigkeit besitzen. Im Laufe der letzten fünf Jahre sind nun besonders für die Einsenkung der Oberfläche, für die Ablation und auch für die Bewegungslinien noch sicherere Daten gefunden worden als bis 1899. Unter Benutzung derselben ergaben sich einige Änderungen gegen früher, und es wurde deshalb die Rekonstruktion der Profile, besonders des Profiles, in welchem die seit 1902 ausgeführten Bohrlöcher liegen, wiederholt. Da nur für den Zeitraum 1894 bis 1895 die Verteilung der Geschwindigkeit auf der Gletscheroberfläche und nur für 1894 die Form der letztern sicher bekannt sind, so wurden die ermittelten Bohrtiefen mit Hinzurechnung der seit 1894 eingetretenen Einsenkung auf den Gletscherstand von 1894 bezogen, für den auch die rekonstruierten Profile gelten. Es ergab sich nun durchweg, daß die wirkliche Tiefe des Gletschers größer ist als die der entsprechenden Stelle im rekonstruierten Profil zugeordnete Tiefe. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeit des strömenden Eises nach der Tiefe hin abnimmt. Für das Bohrprofil beträgt die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit v_m durchschnittlich 0.73 der Oberflächengeschwindigkeit v_o, wobei der mittlere Fehler $\pm$ 4% ist. Für die viel näher am Gletscherrande ausgeführten Bohrungen von 1899 ergibt sich das Verhältnis $v_m : v_o = 0.81$. Hier machen sich die Unsicherheiten in der Geschwindigkeitsverteilung und den Ablationsbeträgen stark fühlbar. Es erscheint den Verf. deshalb gerechtfertigt, für das Verhältnis der mittlern Querschnittsgeschwindigkeit zur Oberflächengeschwindigkeit den Mittelwert von 0.77 mit einer Unsicherheit von etwa 8% anzunehmen.

[1]) Mitteil. des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1905. Nr. 4. ferner Sitzungsber. der kgl. bayr. Akademie in München 1905. p. 107.

Das Gesetz, nach dem die Abnahme der Geschwindigkeit gegen die Sohle des Gletschers erfolgt, läßt sich vorläufig nicht näher angeben. Nimmt man die Änderung der Tiefe proportional, so kann die Grundgeschwindigkeit gleich der Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit gesetzt werden. Wahrscheinlicher ist es, daß die Abnahme der Geschwindigkeit nach unten in ähnlicher Weise stattfindet wie von der Mitte der Oberfläche gegen den Rand, d. h. die Abnahme erfolgt oben langsam und erst gegen den Grund rascher, wo sich dann die Geschwindigkeit zu $^1/_5$ bis $^1/_4$ der Oberflächengeschwindigkeit ergibt.

Als ein weiteres Ergebnis der Tiefbohrungen kann hervorgehoben werden, daß wir mit ziemlich großer Sicherheit Kenntnis erhielten von der Gestalt des Gletscherbettes in einem Querschnitte, der in historischer Zeit wohl niemals eisfrei geworden ist. Man bemerkt, daß das Bett des Hintereisgletschers eine beträchtliche Vertiefung des Tales vorstellt, dessen Wandungen durch die Abhänge des obern Berges und die der Hintereisspitzen gebildet werden. Die Fortsetzung der Talwände mit den Neigungsverhältnissen, welche sie über dem Eise zeigen, würde eine viel höher gelegene Talsohle ergeben, als es der Wirklichkeit und auch noch dem rekonstruierten Profile entspricht. Der Hintereisgletscher hat also durch seine erodierende Tätigkeit sein Bett allmählich tiefer gelegt und in ein Tal mit ursprünglich flachem Boden eine ziemlich steilwandige Rinne eingegraben.

Der Jostedalsbrae zwischen dem Nordfjord und dem Sognefjord in Norwegen bildet mit einem Areale von 855 *qkm* (unter Zurechnung der durch rückschreitende Erosion im Laufe der Zeit von ihm getrennten Täler, von 1252 *qkm*) das größte vergletscherte Gebiet auf dem europäischen Festlande. Über seine wahre Natur, ob ein riesiges Schneefeld, ein Gletscher ähnlich denen der Alpen oder Inlandeis, wie es für Grönland nachgewiesen, gehen die Ansichten auseinander. Im Sommer der Jahre 1899, 1901 und 1903 hat nun Dr. M. Ebeling (Berlin) gründliche Forschungen am Jostedalsbrae angestellt und dadurch auch die obenerwähnte Frage beantwortet. In einer der letzten Sitzungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin berichtete er über die Ergebnisse seiner mühevollen Arbeiten.[1]) Bezüglich der Unterschiede zwischen dem Jostedalsbrae und den Gletschern der Alpen bemerkt er: „Es ist bekannt, daß die Gletscher von alpinem Typus ihr Eismaterial aus den Firnbecken beziehen, die ihrerseits von Lawinen genährt werden. Diese Lawinen stürzen von den Bergwänden und Bergspitzen herab, welche die Firnbecken überragen und einschließen. Gletscher, Firnbecken und der dazu gehörige Hochgebirgszirkus liegen also im wesentlichen räumlich

[1]) Verh. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 1. p. 5 ff.

hintereinander, und der Gletscher ist eingebettet in festes Gestein und wird an seinen Rändern von Felsen überhöht.

Ganz anders liegen die Verhältnisse am Jostedalsbrae, der seine ganze Umgebung überragt. Nicht die Berge sind hier das Höchste, sondern Eis und Schnee. Da der Jostedalsbrae nicht von Bergwänden und Bergspitzen überragt wird, so erhält er auch kein Nährmaterial durch Lawinen, sondern sein ganzes Schneematerial stammt direkt aus den Niederschlägen der Luft. Eis und Schnee liegen bei ihm räumlich nicht hintereinander, sondern übereinander. Das Eis ist das Liegende des Firnes. Es sind hier also im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie bei dem grönländischen Inlandeise vorhanden, und die Unterschiede zwischen diesem und dem Jostedalsbrae sind nicht qualitativ, sondern quantitativ. Das Eis des Jostedalsbrae liegt dem gewaltigen Plateau auf, welches sich zwischen den Ausläufern des Nord- und des Sognefjords erstreckt.

Der Jostedalsbrae ist demnach ein Inlandeis auf einem Plateau, von dem sich nach allen Seiten kaskadenartig Gletscher in die Täler hinabstürzen.

Wie dick das Eis und die darüber liegende Firnschicht ist, läßt sich natürlich nur durch Bohrungen beantworten, die in Norwegen noch nicht ausgeführt worden sind. Ebeling ist daher bei der Beurteilung der Mächtigkeit des Jostedalsbrae vorläufig auf Schätzungen angewiesen. Die größte Höhe der Eismasse beträgt 2038 *m*, auf mehr als 40 *km* hat er bei der Längsüberschreitung Höhen von über 1800 *m* festgestellt. Die Ränder des Jostedalsbrae reichen verschieden hinab, bis zu 1400, 1200, ja bis zu 1000 *m*. Er schätzt daher die durchschnittliche Mächtigkeit der Firn- und Eismasse des Jostedalsbrae auf 400 bis 500 *m*. Welche gewaltigen Niederschläge auf ihn herabfallen, sagt Dr. Ebeling, davon haben wir uns selbst, mehr als uns lieb war, überzeugen können; auch läßt sich die große Zahl der Tal- und Hängegletscher, welche dem Jostedalsbrae ihr Material und ihre Entstehung verdanken, nur durch eine entsprechend dicke Firn- und Eisschicht erklären. Wenn man die Karte des Jostedalsbrae überblickt, so kann man über sein weiteres Schicksal nicht im Zweifel sein. Sowohl die vielen Eislappen seiner Umgebung wie die Nunataker in seinem Nordostteile weisen darauf hin, daß er nach der Horizontalen und Vertikalen im Schwinden begriffen ist. Die fortschreitende Ausbildung der Täler, welche in seinen Rand hineingreifen, nagt beständig an ihm und verringert seine Oberfläche. Die (von Ebeling nachgewiesene) tiefe Einschnürung zwischen dem Stardal und dem Langedal, ein Rücken von kaum noch 300 *m* Breite, wird mit der Zeit zu einer völligen Zerschneidung des Jostedalsbrae in einen größern Nordostlappen und einen kleinern Südwestlappen führen. Schließlich wird die Modellierung des ganzen Jostefjelds, welches den Jostedalsbrae trägt, so weit vorschreiten, daß die gewaltige Eismasse ihren Charakter als Inlandeis verliert,

und daß Täler und Gletscher von durchaus alpinem Typus entstehen werden.

Schließlich wies Dr. Ebeling auf eine Eismasse hin, die in ähnlicher Weise entstanden sein muß, wie der Jostedalsbrae, nämlich die des Vatna Jökull oder Wassergletscher im südöstlichen Teile Islands. Er führt, sagt er, seinen Namen mit Recht; denn alle größern Flüsse der Insel verdanken ihm ihre Entstehung. Auch er, der einen Flächeninhalt von über 8000 *qkm* besitzt, muß ein Inlandeis sein. Was ihn aber vor allen andern Eismassen auf der Erde auszeichnet, das ist sein Konflikt und seine Mischung mit Lavaströmen und Asche. So fanden im Jahre 1861 am Vatna Jökull subglaziale Eruptionen statt, und die bekannte Eruption am 29. März 1875 hat auch über ihn große Mengen von Bimssteinasche ausgestreut, so daß am Vatna Jökull abwechselnde Schichten von Eis und Firn mit Lavadecken und Aschen vorkommen müssen. Es sind nun aber einzelne, ganz bestimmten Jahren angehörende Schichten durch ihre vulkanischen Niederschläge deutlich gekennzeichnet, und infolgedessen würde eine genaue Untersuchung des Vatna Jökull über eine Reihe von Fragen der Gletscherphysik so deutliche Auskunft geben wie bei keinem andern Gletscher. Bis jetzt sind alle Geologen und Geographen, auch die zahlreichen deutschen, welche Island besucht, dem Vatna Jökull aus dem Wege gegangen; selbst Thoroddsen, der beste Kenner Islands, hat ihn nicht begangen. Zwar gelang es dem englischen Touristen Watts, im Jahr 1875 quer über den Gletscher zu kommen; aber zu wissenschaftlichen Zwecken ist ein Eindringen in die gewaltige Eismasse bisher nicht erfolgt. Auf jeden Fall würde eine Untersuchung des Vatna Jökull eine erwünschte Brücke bilden von dem skandinavischen zu dem grönländischen Inlandeise, welches wir durch die Forschungsreisen und Untersuchungen eines Nordenskjöld, Nansen und von Drygalski in so vortrefflicher Weise kennen gelernt haben.

Die Kalbungen der Gletscher im Jakobshavner Eisfjorde und in den benachbarten Fjorden schildert Dr. M. C. Engell.[1]) In höhern Breiten, wo die Ablation nicht groß genug ist, um stets die Gletscher verschwinden zu lassen, ehe sie das Meer erreicht haben, schieben diese sich in Taltrögen gegen die Fjorde hin und, wenn sie diese erreicht haben, schieben sie sich ein Stück hervor, bis durch die Einwirkung des Wassers Stücke von den Gletscherenden abbrechen. Diese Ab- und Zerbrechungen des Gletscherendes im Wasser werden von den Dänen in Grönland Kalbungen genannt; dieser Ausdruck ist dann in die Wissenschaft übergegangen. „Die abgebrochenen Stücke werden, wenn sie größer sind, Eisberge, wenn sie nur klein sind, Kalbeis genannt. Die Strecke, die der Gletscher sich im Fjorde

[1]) Mitt. der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1905. p. 426.

hinausschiebt, ehe er kalbt, ist von den orographischen Verhältnissen und der Geschwindigkeit (Mächtigkeit) des Gletschers abhängig. Die östlichen Winde treiben sowohl die Eisberge als auch das Kalbeis aus dem Fjorde. Auf welche Weise die Gletscher kalben, ist noch nicht genügend aufgeklärt; hauptsächlich wohl, weil noch nicht hinlänglich viele Beobachtungen angestellt wurden. Die verschiedenen Ansichten hat K. J. V. Steenstrup in einer dänischen Zeitschrift kritisch zusammengestellt.[1]) Die Ansichten sind in einigen Fällen mehr auf theoretische Betrachtungen als auf Beobachtungen gestützt. Beobachtungen von großem Werte haben dagegen E. v. Drygalski und Steenstrup angestellt. Gerade aber die Ansichten dieser zwei Forscher fallen nicht zusammen. Im Sommer 1902, 1903, 1904 hatte Dr. Engell Gelegenheit, die Kalbungen im Jakobshavner Eisfjorde und in den benachbarten Fjorden Alangordlek, Sarkardlek und Torsukatak zu beobachten.

Die Alangordlek- und Sarkardlekeisströme sind beide von geringer Mächtigkeit, in Übereinstimmung damit ist auch die Geschwindigkeit nur eine geringe. Der Sarkardlekeisstrom bildet verhältnismäßig mehr Kalbeis als der Alangordlek.

Beide Eisströme sind ziemlich uneben. Denkt man sich die Oberfläche ausplaniert, so erhält der Sarkardlekeisstrom eine Randhöhe von ca. 25 *m* und der Alangordlek eine solche von 15 *m*. Wenn die Eisstromenden schwimmen sollten, müßte die Tiefe des Fjordes in Sarkardlek $25 \times 7.4 = 111$ *m* sein. Einige Lotungen, die Verf. ausgeführt hat, zeigen, daß der Alangordlek nur 50 *m* und der Sarkardlek 120 *m* tief ist. Wenn diese Tiefe sich unter dem Gletscher fortsetzt, kann das Gletscherende nicht niedergedrückt sein.

„Nur muß man doch nicht allzu großes Gewicht auf die Lotungen legen. Falls der Gletscher längere Zeit stationär gewesen ist, muß der Fjord vor dem Gletscher voll von Moränenmaterialien sein. Daß es so sein kann, geht aus der Bildung an dem südlichen Ende des Tasiussaks, das den Namen Kiakusuk führt, hervor.

Der Rand des Gletschers ist, wenn eine Kalbung längere Zeit nicht stattgefunden hat, immer vorwärts gebogen. Die im Wasser liegenden Teile des Gletschers sind sehr zernagt. Dies sieht man am deutlichsten bei Ebbe. Wenn die Neigung eine Größe von 10 bis 15° erreicht hat, und die Wasserkehle hinlänglich tief ist, kann die Zusammenhangskraft sich nicht mehr geltend machen. Längs einer Spalte geschieht die Berstung, und der flache Eisberg rutscht ins Wasser hinab. Hier wälzt er sich um. Außer dem großen Stücke stürzen auch gewöhnlich größere Massen von kleinern Eisstücken ins Meer. Oft bricht das größere Stück während des Falles in kleinere Stücke, oder es geschieht dies im Wasser. Mitunter kann die Kalbung nach einiger Zeit wieder auf derselben Stelle

[1]) Geogr. Tidsskrift, Kjöbenhavn 1892. **11**.

beginnen, indem kleinere Partikel hinabrutschen. Nach der Kalbung steht das Ende nach rückwärts geneigt (nach Schätzung bis 10°).

Setzt man die Beobachtungen fort, so sieht man, daß der Rand sich nach und nach lotrecht stellt und schließlich wieder vorwärts geneigt ist. Die Wasserkehle, die durch die Kalbungen verschwand, kommt wieder zum Vorscheine. Wenn die Neigung 10 bis 15° beträgt, beginnt die Kalbung wieder. Der Zeitpunkt für das Eintreten der Kalbung ist offenbar von mehrern Umständen abhängig, so von der Lage der Sprünge und deren Tiefe und auch von Kalbungen in der Nähe. Man bemerkt oft, daß, wenn Kalbungen an einer Stelle eintreten, auch andere Stellen zu kalben beginnen. Vielleicht können solche auch die Gezeiten ab und zu hervorrufen, doch hat Verf. keinen Zusammenhang zwischen Kalbung und Gezeiten beobachtet. Die Kalbungen scheinen bei jedem Wasserstande eintreten zu können."

„Ohne einen Beweis dafür anführen zu können", sagt Verf., „bin ich geneigt, die Kalbungen in Alangordlek und Sarkardlek, die als Beispiele von Eisströmen von geringer Geschwindigkeit dienen können, nur als Niederstürzungen zu erklären, das heißt, daß die Geschwindigkeit der untersten Schichten nicht größer ist, als das Wasser diese in Schach halten kann. Der vorwärts geneigte Rand läßt sich von der nach oben zunehmenden Geschwindigkeit erklären. Die Verteilung der Geschwindigkeit und das Zernagen des Eises vom Wasser sind die Ursachen der Kalbungen. Der Auftrieb spielt bezüglich der Kalbung bei diesen Gletschern keine oder eine ganz verschwindende Rolle. Eine ganz ähnliche Erklärung hat H. F. Reid[1]) gegeben. Wenn die Geschwindigkeit des Gletschers noch minder wird, rückt der Gletscher rückwärts. Wird die Geschwindigkeit größer, rückt der Gletscher vorwärts. Das Wasser allein kann nun nicht mehr die untern Schichten in Schach halten. Der Gletscher schiebt sich so lange fort, bis der Auftrieb sich geltend macht und die Lage des Gletscherendes reguliert. Beispiele für diesen Typus hat E. v. Drygalski gegeben.[2]) Wahrscheinlich ist dieser Typus geltend bei den meisten Gletschern mit größerer Geschwindigkeit, und die unter einem größern Winkel in das Fjord hinabkommen."

„Ein ganz anderer Typus ist repräsentiert durch den Jakobshavner Gletscher. In diesem Fjorde sieht man ab und zu, namentlich im Monate Juni, umgewälzte Eisberge. Die Oberfläche ist uneben von Zacken und Spitzen wie die Oberfläche des Gletschers. Die Grönländer nennen deswegen auch solche Eisberge Mañitsok, d. h. das, was uneben ist. Die Oberfläche ist grauweiß (von Staub) ganz wie die Oberfläche des Gletschers. Die Ränder sind ganz lotrecht und ganz weiß, ebenso wie das Gletscherende. Hier kann kein

[1]) Reid H. F., Studies of the Unierglacier in Alaska (Nat. Geog. Mary. Washington 1892) zitiert nach Heß: Die Gletscher, p. 245.

[2]) E. v. Drygalski, Grönlandexpedition I. p. 392.

Zweifel sein, daß diese Eisberge Stücke von den Gletschern sind, die in ursprünglicher Lage fortgeführt worden sind."

Verf. hat mehrfach versucht, die Höhenunterschiede zwischen diesen Eisbergen und dem Gletscherende zu ermitteln. Falls die Höhenunterschiede Null waren, mußte der Gletscher vollständig nach dem hydrostatischen Prinzipe auf dem Fjorde schwimmen.

Dr. Engell findet aus seinen Messungen als wahrscheinlich, daß der Gletscher nach dem hydrostatischen Prinzip auf dem Fjorde schwimmt. „Der Auftrieb ersetzt also den festen Boden. Nach dieser Annahme kann die Kalbung nicht durch den Auftrieb, nicht durch Niederfallen bewerkstelligt werden, sondern muß von der Spannung, die dem Gletscher zufolge der Bewegung den Anlaß zur Bildung von Spalten geben, herrühren."

„Die umgewälzten Eisberge sind wenig dauerhafte Bildungen. Teils sind sie geneigt zu kentern (wenn der horizontale Querschnitt kleiner als der vertikale ist), teils sind sie so von lotrechten Spalten durchsetzt, daß sie leicht in kleinere Stücke zerfallen. Deswegen sind sie auch sehr selten; weitaus die größte Masse von Eisbergen wird durch Abbrechungen gebildet. Teils durch Abschmelzen unter Wasser, teils durch Spannungen — hervorgerufen durch die Bewegung — brechen größere oder kleinere Partien ab. Das Gletscherende hat niemals vorwärts geneigte Wände wie an den kleinern Gletschern. Entweder ist es nahezu lotrecht, oder es ist ein wenig rückwärts geneigt. Einige Male habe ich bemerkt, daß kleinere niedergestürzte Partien nicht völlig niederstürzten, sondern auf halbem Wege oder sonst stehen blieben."

Die Gletscher und Seen der argentinisch-chilenischen Kordilleren beginnen besonders seit der Erledigung des Grenzstreites Gegenstand intensiver Forschungstätigkeit zu werden, an der von argentinischer Seite Hauthal, Burckhardt, Roth und Wehrli, von chilenischer Krüger, Steffen und Stange beteiligt sind. Vermehrte Förderung darf in nächster Zukunft von der Einrichtung einer geologischen Landesanstalt für Argentinien und von einer Glazialexpedition erwartet werden, die von Professor Hans Meyer und dem Vereine für Erdkunde in Leipzig ausgerüstet ist. Ihr Führer ist Hauthal. Einige neuere Ergebnisse seiner Forschungen während der Südsommer 1899 und 1900 liegen in einem mit sehr schönen Gletscher- und Seenbildern ausgestatteten Beitrage zum 35. Bande der Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereines vor. Das Wichtigste ist die Ausdehnung eines Inlandeisfeldes, das auf dem patagonischen Kordillerengebiete von 51° 30′ südl. Br. jedenfalls bis 49°, vielleicht aber bis 46° 30′ reicht. Von ihm stoßen besonders nach der argentinischen Seite mächtige Gletscher vor, die auf den Seen zur Entstehung von Miniatureisbergen Veranlassung bieten. Außer dem von 1899 bis 1900, also innerhalb eines Jahres, um 24 *m* weiter in den Lago

Argentino vorgerückten Bismarckgletscher scheinen sie alle im Rückgange begriffen zu sein. Der Rückgang ist so stark, daß ein nicht weniger als 3 *km* langes, allerdings „totes" Gletscherende am Nordhange des Lanin vom Mai 1896 bis ebenda 1897 vollständig verschwunden war, ein Beweis des Rückganges, der unwiderleglich durch zwei Photographien erbracht ist. Zwar nicht mit der gleichen Deutlichkeit sind an Moränenwällen drei Vereisungsperioden erwiesen, deren erste und stärkste die Gletscherenden des Kordillereneises bis zur atlantischen Ostküste vordringen und, wie es scheint, mit dem von Süden bis über den Rio Gallegos vorstoßenden antarktischen Inlandeise zusammenmünden ließ. Eine solche Zusammenmündung findet noch gegenwärtig nordöstlich des Mt. Stokes zwischen einem Arme des Stokesgletschers und dem Richtergletscher statt. — Dort traten infolge der Stauung der Eismassen eigenartige Schwellungen auf und, wie es scheint, ein seitliches Überschieben der Grundmoräne vom Stokesgletscher auf den Richtergletscher. Solches seitliche Herauspressen von Partien der Grundmoräne glaubt Hauthal öfters an patagonischen Gletschern direkt oder indirekt, an Gletscherschrammen senkrecht zur Richtung des Eisstromes, nachgewiesen zu haben. An der Südflanke des Bismarckgletschers fand er im Jahre 1900 sogar riesige, hausgroße Felsblöcke auf einem 15 *m* hohen Moränenhügel, die dorthin nur aus der Grundmoräne durch das aufwärts strömende Eis gebracht sein konnten. Er berichtet sogar, daß dies innerhalb eines einzigen Jahres geschah, da er die Felsmassen im Jahre 1899 nicht vorgefunden hatte.[1])

Nachweis verschiedener Eiszeiten auf der Hochfläche des Innern Islands. Auf Grund eigener Beobachtungen kommt Dr. W. v. Knebel zu der Überzeugung, daß verschiedene Eiszeiten auf Island anzunehmen sind.[2]) Thoroddsen hat die Frage früher für unbeantwortbar erklärt, während Pjetursson eine wiederholte Vergletscherung in diluvialer Zeit behauptet. Es findet, was nicht zu übersehen ist, ein bedeutender Unterschied zwischen den isländischen Diluvialgebilden und denjenigen anderer Länder insofern statt, als der Untergrund des Landes vulkanisch ist. Während bei uns interglaziale Sedimente die Grundmoränen voneinander scheiden, sind es hier vulkanische Massen. Wie die Profile Pjeturssons und v. Knebels beweisen, fanden innerhalb der Zeit diluvialer Vergletscherung zu wiederholten Malen vulkanische Ausbrüche statt. Aber W. v. Knebel betont, es sei keineswegs beweisend für wiederholte Eiszeiten, wenn glaziale Sedimente durch vulkanische Produkte getrennt sind. „Denn wir haben heute noch in Island zahlreiche Beispiele dafür, daß unter der Decke von Inlandeis, welches viele Tausend

[1]) Globus **87**. p. 228.
[2]) Centralblatt f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1905 Nr. 17/18.

Quadratkilometer bedeckt, der Vulkanismus ausbricht. Die Eruptionen verursachen ein Schmelzen gewaltiger Eismassen; es entsteht ein sogen. Jökullhlaup (Gletscherlauf). Die Wassermassen führen große Mengen vulkanischer Aschen und Breccien, sie reißen große Teile der Grundmoränen mit sich, und es entsteht ein merkwürdiges geologisches Gebilde, ein Jökullhlaupsediment. An der Stelle des vulkanischen Ausbruches bedecken nunmehr vulkanische Gebilde, Laven oder Tuffe, die ehemalige Grundmoräne, soweit sie nicht fortgerissen ist. Über diesen lagern sich naturgemäß nach beendeter vulkanischer Tätigkeit neue Eismassen und deren Moränen.

Genau der gleiche Vorgang mag in diluvialer Zeit stattgefunden haben, und daher sind glaziale Einlagerungen in vulkanischen Serien kein Beweis für allgemeine periodische Vergletscherungen."

Indessen konnte v. Knebel in den Bergen, welche den Südrand der Gletschermulde bilden, nicht weniger als vier übereinander liegende Gletscherböden erkennen. „Die doleritische Lava hat immer wieder den Gletscherboden bedeckt, und immer wieder ist der Gletscher über die erkaltete Lava hinweggegangen, und die von ihm mitgeschleppte Moräne hat die Lavaoberfläche poliert. Zwischen den Lavaschichten befinden sich keine Reste von Moränen, wenigstens konnte Verf. an den wenigen Stellen, an denen es ihm gelungen ist, den vertikalen Felswänden des Abbruches entlang zu klettern, nirgends den kleinsten Rest einer Geschiebeansammlung erblicken. Überall legte sich die obere Lava flach auf den darunter befindlichen Gletscherboden. Wir müssen annehmen, daß die einem jeden dieser Lavaausbrüche vorangehenden Gletscherläufe die gesamte Grundmoräne von dem Gletscherboden weggerissen haben, bevor noch die neue Lava dieselbe bedecken konnte.

Indessen sind die Schwankungen in der Schrammenrichtung auf den vier übereinander liegenden Gletscherböden nicht so groß, daß man aus ihnen auf verschiedene Perioden der Vergletscherung schließen könnte. Die Schwankungen sind im Gegenteile geringer, als sie auf ein und derselben Fläche oftmals vorkommen.

Dagegen teilt v. Knebel drei Profile mit, welche nach seiner Ansicht deutlich erkennen lassen, daß mindestens zwei, resp. drei Vergletscherungen mit beträchtlicher interglazialer Erosion vorhanden gewesen sind. Er kommt zu dem Schlusse, daß eine große Vereisung stattgefunden habe, deren Produkte das ganze Südland bedecken. „Lokal ist diese Eiszeit durch vulkanische Ausbrüche vorübergehend unterbrochen, aber auf — geologisch gesprochen — nur sehr kurze Zeit. Dieser überall sicher nachweisbaren Haupteiszeit ist eine Interglazialzeit gefolgt, während welcher große Talungen sich gebildet haben. So hat die Laxá sich eine Niederung geschaffen, welche um 100 *m* in die präglaziale oder altglaziale Hochfläche eingesenkt ist. In dieser Talsenke hat der Gletscher einer zweiten Eiszeit sich bewegt, dessen Grundmoräne 40 *m* über der

heutigen Talsohle liegt. Abermals fand ein Rücktritt des Eises statt, während welcher Zeit der Fluß sein Bett um weitere 40 *m* vertiefte. Dann begann — wenigstens im Laxátal — eine dritte Vergletscherung, durch welche am Talboden einige Felsklippen zu Rundhöckern geschliffen wurden. Die Bewegungsrichtung dieser letztern Vereisung war dort wenigstens eine abweichende. Das Eis scheint auffallenderweise von SO. gekommen zu sein.

In diesen Talmoränen liegt der deutliche Beweis wiederholter Vergletscherungen. Aber diese jüngern Eiszeiten stehen weit hinter jener großen, ersten Eiszeit zurück; ihre Gletscher haben nicht mehr die gewaltige Ausdehnung gehabt, wie jene der ersten Eiszeit des Landes.

Die Talgletscher der spätern Eiszeiten besitzen eine gewisse Analogie mit den Schreitgletschern, welche am Rande der Eisfelder Islands auftreten; nur waren jene ungleich größer. Aber sie sind auch von den damals sicher bedeutend größern Feldern von Inlandeis ausgegangen, deren heute noch zurückgebliebene Reste insgesamt 12 000 *qkm* bedecken."

In einer zweiten Mitteilung[1]) faßt v. Knebel die Ergebnisse seiner Beobachtungen dahin zusammen, „daß wir in dem Gebiete östlich vom Lang-Jökull zwei Eiszeiten unterscheiden müssen: eine große Eiszeit, welche von vulkanischen Ausbrüchen unterbrochen wurde, und deren Boden mehrere Hundert Meter über dem Boden der zweiten Eiszeit lag. Nur einzelne Zeugenberge sind noch vorhanden, welche durch ihren geologischen Aufbau jene ältere Eiszeit „bezeugen". Auf diese erste nachweisbare Eiszeit muß eine lange Periode gefolgt sein, während welcher die Vergletscherung mindestens so weit zurückging, daß nahe dem Rande der heute noch vergletscherten Hochfläche die Erosion wirken konnte, d. h. die Interglazialzeit in dem isländischen Vereisungsgebiete entspricht mindestens demselben Zustande, in dem das Land heute sich befindet.

Ob aber die Vereisung nicht etwa noch weiter zurückgegangen ist, als heute, das ist nicht zu entscheiden, da die großen Gletschereismassen der Gegenwart die etwa in der Tiefe vorhandenen Spuren interglazialer Erosionstätigkeit verhüllen.

Zwischen dem Interglazial Islands und dem der großen nordeuropäischen Vergletscherung besteht also ein beträchtlicher Unterschied: die europäischen Interglazialzeiten sind lokal; sie stehen zwischen einer Periode des Vor- und Rückschrittes des Randes einer gewaltigen Eismasse, — anders die isländische Vereisung. Hier bedeutet die Interglazialzeit einen Rückgang mindestens bis auf das heutige Maß der Vereisung.

Ferner ist die Interglazialzeit Islands, wie es scheinen will, von bedeutend längerer Dauer gewesen. Denn es sind in dieser Periode mehr als 3000 *m* mächtige Massen vulkanischer und vulkanoglazialer Sedimente bis auf wenige Spuren abgetragen worden.

Solche Erosionsreste (Zeugenberge), welche die Ausdehnung des eisfreien Gebietes in interglazialer Zeit kundgeben, finden sich nicht nur am Lang-Jökull, sondern auch nahe dem Rande des Hofs-Jökull. Was wir also bezüglich des Zurückweichens des Eises am Lang-Jökull aussagten, das müssen wir auch hinsichtlich des andern großen Gletschers in dem Innern des Landes, des Hofs-Jökull, aufrechterhalten. Auch der Hofs-Jökull ist mindestens bis auf seine heutige Ausdehnung in interglazialer Zeit zurückgewichen.

---

[1]) L. c. p. 546.

In der zweiten Glazialzeit hat sich der Hofs-Jökull weit nach Süden und Westen ausgebreitet und ist nahe an den Lang-Jökull herangekommen. Aber die vulkanische Gletscherscheide des Jarlhettur hat eine Vereinigung beider Eismassen, wie sie wohl in der Eiszeit anzunehmen war, verhindert.

Eine dritte Vergletscherung, deren Spuren Verf. im Tale der Laxá gefunden hat, ist in dem Hochlande des Innern — wenigstens nicht in dem von ihm bereisten — Gebiete festzustellen.

Wohl aber sind die Spuren eines Ereignisses zu beobachten, welches wohl in die Rückschrittsperiode der letzten Vergletscherung fällt: das ist der Einbruch des Hvitáseebeckens. Der Hvitásee, sowie ein großer Teil seiner Umgebung stellt ein nach Osten offenes Senkungsfeld dar. Am Rande dieser Einsenkung haben sich zwei gewaltige Lavavulkane aufgebaut, deren nördlichen Verf. zu besteigen die Gelegenheit hatte. Die sanften Gehänge dieses Berges bilden die östliche Talwandung des nördlichen der beiden in den See einmündenden Schreitgletscher, während die andere Talwandung von einem ca. 600 *m* hoch, steil abfallenden Tuffgebirge gebildet wird. Durchaus symmetrisch gelagert, befindet sich südlich jenes Tuffgebirges ein zweiter Lavavulkan, welcher, um die Symmetrie zu vervollkommnen, ebenfalls einen Schreitgletscher begrenzt, der zwischen ihm und dem zuvorgenannten Tuffgebirge dahin fließt. Diese beiden in den See mündenden Schreitgletscher haben sich ehedem nach Art des Malaspinagletschers in Alaska oder der diluvialen Vorlandgletscher der Alpen zu einem jedoch nur etwa 70 *qkm* bedeckenden Hvitágletscher vereinigt, dessen Endmoränen das heutige Seebecken abgedämmt haben.

Jene Zeit, in welcher das Becken des Hvitásees von einem Vorlandgletscher erfüllt war, fällt aber in das Ende der Eiszeit. Denn die Eismassen haben es nicht mehr vermocht, jene Berge doleritischer Lava zu überschreiten, sondern sind ihrem Gehänge entlang gefolgt, um in dem tiefer gelegenen Seebecken sich wieder zu vereinen.

Nach Abschmelzung dieses Hvitágletschers bildete sich an dessen Stelle der Hvitásee, bis zu welchem in heutiger Zeit die beiden nunmehr getrennten Gletscherarme gehen, deren kalbendes Ende die Wasserfläche mit Eisbergen erfüllt. Die in dem See flutenden Eisblöcke ragen nur etwa 10 bis 12 *m* über die Wasserfläche empor und zeigen somit eine Tiefe von etwa 20 bis 30 *m* an.

Die Moränen, welche das Seebecken des Hvitágletschers abdämmen, sind die jüngsten Glazialgebilde; sie sind jünger als die der zweiten Eiszeit, welche vom Hofs-Jökull ausgegangen ist. Aber Verf. vermag nicht in ihnen die Spuren einer dritten Eiszeit zu erkennen, sondern glaubt annehmen zu müssen, daß dieser kleine (nur 70 *qkm* bedeckende) ehemalige Hvitágletscher der Rückschrittsperiode der letzten Vereisung angehört. Seine Studien im Innern der Insel, im Randgebiete der beiden Gletschermassen des Hofs- und Lang-Jökull haben zwei scharf voneinander getrennte Eismassen erkennen lassen, welche durch eine lange Interglazialperiode geschieden waren, während welcher die Gletscher mindestens bis auf ihren heutigen Umfang geschrumpft sind."

Wesen und Ursache der Eiszeit. Prof. E. Geinitz formuliert[1]) seine Auffassung hiervon in folgenden Sätzen:

1. Die Ursache der Eiszeit war keine kosmische, sondern eine terrestrische, nämlich: Vermehrte Niederschläge, bedingt durch die eigenartige Konfiguration der Kontinente am Schlusse der Tertiärzeit.

2. Die Eiszeit ist nicht als allgemeine Kälteperiode aufzufassen.

---

[1]) Archiv des Vereines der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. 1905.

Im Gegenteile, zu Beginn und zum Teile auch noch während der Eiszeit hat nicht kälteres Klima geherrscht, sondern ein gegenüber dem heutigen sogar etwas wärmeres oder wenigstens das heutige.

„Infolge der meteorologischen Verhältnisse des ältern Quartärs“, fährt er fort, „haben sich dann wahrscheinlich die Jahresisothermen nach und nach etwas nach Süden verlegt; aber wenn in denjenigen Gebieten, die eine Vergletscherung erfuhren, eine Verschlechterung des Klimas und Sinken der Temperatur stattfand, so war dies doch, im Vergleiche zum Gesamtcharakter des quartären Klimas überhaupt, nur eine, wenn auch ausgedehnte, Lokalerscheinung; eine die gesamte Erde betreffende „eiszeitliche“ Klimaerniedrigung hat nicht stattgefunden. Es darf hier daran erinnert werden, daß das diluviale Glazialphänomen nach Pencks Ausspruche nichts als eine gewaltige Vergrößerung der heutigen Gletscherverhältnisse war.“

Am Schlusse der tertiären Epoche waren die klimatischen Verhältnisse auf der Erde ähnlich den heutigen, vielleicht noch etwas milder, womit die astrophysikalischen Ansichten vom Wesen der Sonne übereinstimmen. In der Zeit des Pliozäns, sagt Prof. Geinitz, muß sich der für uns so gewaltige Umschwung vollzogen haben, der in den arktischen Gebieten aus den temperierten oder subtropischen Verhältnissen des Miozäns zu den heutigen eisigen Verhältnissen geführt hat. „Es waren die Landverschiebungen, die jenen kolossalen Effekt erzielten. Im Miozän finden wir ausgedehnte Wasserflächen in anderer Verteilung als heute; dies verursachte durchaus andere meteorologische Bedingungen, denen man die wärmere Temperatur des Miozäns jener genannten Gebiete zuschreiben darf. Die tektonischen Vorgänge, welche zur Tertiärzeit die Umwandlungen mit den Kontinenten hervorriefen, haben (in abgeschwächter und veränderter Form) noch bis ins Quartär fortgedauert; aus präglazialer, glazialer, spät- und postglazialer Zeit sind ihre Wirkungen bekannt.“

Prof. Geinitz schildert die geographischen Verhältnisse der Präglazialzeit, wie sie gemäß den geologischen Forschungen wahrscheinlich bestanden haben. Skandinavien, sagt er, lag mindestens 400 *m* höher als heute; es bildete ein sich hoch über das Meer erhebendes Hochplateau, begrenzt von dem auch heute bestehenden ozeanischen Tiefenabsturze. Schottland lag 90 *m* höher als gegenwärtig, Großbritannien gehörte mit zum Kontinente. Die Funde von Seichtwassertieren an verschiedenen, jetzt tiefen Stellen des nördlichen Eismeeres (z. B. zwischen Island und Jan Mayen) werden als Beweise angesehen für die einstige Landverbindung zwischen Island und Grönland, die erst im Quartär allmählich versank. Eine „kontinentale Plattform“ umgibt die Kontinente in verschiedener Breite, bis zur Tiefe von 100 bis 200 Faden; auf ihr sind noch deutlich die alten Talläufe der Kontinentströme zu erkennen.

Für Amerika ist ein gleiches nachgewiesen, Spencer hat den „Antillenkontinent" rekonstruiert, der Zentralamerika mit Südamerika vereinigte und den Golf von Mexiko zum Binnensee verwandelt hatte.

Europa wie Amerika waren bedeutend größer, sie erhoben sich breiter und höher über das Meer.

Wahrscheinlich ist die sogenannte „Landverbindung" zwischen Europa und Grönland nicht in der Art anzusehen, daß sie eine völlig trockene, ununterbrochene Landbrücke darstellte, sondern etwa aus nebeneinander liegenden Inseln und Halbinseln bestand, also einen durch Wasserarme unterbrochenen Landzug darstellte.

Ferner betont Prof. Geinitz, daß nach den Untersuchungen von W. Ramsay das nördliche Rußland um das weiße Meer herum größtenteils vom Meere bedeckt war, und daß auch an sonstigen Stellen Europas und Nordamerikas größere Seeflächen vorhanden gewesen sind. Bezüglich der Einzelheiten, welche die geologischen Forschungen über die präglazialen geographischen Verhältnisse ergeben haben, muß man mißtrauisch sein, denn es handelt sich dabei um Schlüsse aus lokalen Verhältnissen auf große, die zudem verschiedener Deutung fähig sind; die Hauptsache ist, daß damals die Verteilung von Land und Meer im Gebiete der nördlichen Atlantiks von der heutigen verschieden war, wofür eben die Eiszeit selbst den besten Beleg liefert. „Daß derartige geographische Verhältnisse", sagt Prof. Geinitz, „auf die Verteilung der atmosphärischen Minima und Zyklonenwege und damit auf die atmosphärischen Niederschläge (ebenso wie auf die Meeresströmungen) von Einfluß waren, ist ganz selbstverständlich; auch bei gleichen sonstigen klimatischen Verhältnissen der Erde mußten sich damals unter den andern Bedingungen andere atmosphärische Beziehungen entwickeln, als heute. In diesen paläometeorologischen Verhältnissen sehe ich Ursache und Wesen unserer quartären Eiszeit."

Vor vier Jahren hat der britische Geologe F. W. Harmer in einem Artikel Betrachtungen über den Einfluß des Windes auf das Klima während der pleistozänen Epoche angestellt,[1]) und Prof. Geinitz weist darauf hin. Um auf diesem ihm nicht ganz geläufigen Gebiete nicht auf Irrwege zu geraten, hat er seinen Kollegen, Prof. Dr. Kümmell, um seine Ansicht über die von ihm (Geinitz) aufgestellte Hypothese ersucht, und dieser findet sie berechtigt. Sie ist es in der Tat und weit mehr als irgend eine andere bisher aufgestellte. Aber sie ist durchaus nicht neu, sondern schon 26 Jahre vor Prof. E. Geinitz, von Dr. Klein aufgestellt und begründet worden im 4. Bande der „Gaea" (1868), p. 401 bis 411.

---

[1]) Quart. Journal Geolog. Society, London 1901, p. 405.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Herkunft der Ionen in der Atmosphäre. Dr. H. Mache zeigte[1]) auf Grund der Bestimmungen des Gehaltes der Atmosphäre an radioaktiver Emanation, daß dieser Gehalt hinreicht, um die tatsächlich vorhandene Ionisierung der Freiluft zu erzeugen, so daß man in ihm den maßgebenden Ionisator der Atmosphäre zu sehen hat. Er behandelte dann weiter die Frage, auf welchem Wege diese radioaktive Emanation in die Atmosphäre gelangt. Sieht man mit Elster und Geitel den Ursprung der Emanation im Gehalte des Erdbodens an radioaktiver Substanz, dann gelangt sie hauptsächlich durch Luftdruckschwankungen und Diffusion in die Luft. Vorzüglich auf den ersten dieser beiden Faktoren hat bereits Ebert hingewiesen. Tatsächlich läßt sich an Hand des in Kremsmünster durch Schwab und Zölß, sowie in Potsdam durch Lüdeling gesammelten Beobachtungsmateriales über die sogenannte Zerstreuung der hier von der Theorie verlangte Zusammenhang zwischen Luftdruckschwankung und Emanations- beziehungsweise Ionengehalt nachweisen. Auch die Zerstreuungsbeobachtungen, welche Zölß in einer Höhle ausgeführt hat, entsprechen durchaus dem theoretisch zu erwartenden Verhalten, wofern man den wesentlichen Unterschied berücksichtigt, der darin besteht, daß, während in Freiluft die aufquellende Emanation nach kurzer Zeit durch Luftströmungen vertragen wird, hier ein Anhäufen derselben im Luftraume der Höhle stattfinden muß.

Ist es somit einerseits unzweifelhaft, daß die Luftdruckschwankungen die zeitliche Verschiedenheit des Emanationsgehaltes der Luft an einem bestimmten Orte befriedigend zu erklären vermögen, so hält es anderseits schwer, ihnen allein die Versorgung der Atmosphäre mit Emanation zuzuschreiben. Überschlagsrechnungen zeigen, daß hier der Diffusion die Hauptrolle zufällt.

Die Theorie der Wärmeeinstrahlung der Sonne auf die Erde ist von Dr. Fr. Hopfner entwickelt worden,[2]) und zwar wurde das Problem ohne die sonst üblichen beschränkenden Annahmen in aller Strenge gelöst. Es ergab sich dabei das Gesetz, daß die einem Flächenelemente einer beliebigen Breite zugestrahlte Wärme gleich ist der in dem betreffenden Zeitmomente dem Äquator zugestrahlten Wärme, vermehrt oder vermindert um die gleichzeitig dem bestrahlten Pole zugesandte Wärme, je nachdem das Flächenelement auf der Sommer oder Winter habenden Halbkugel liegt. Es bereitet nun keine weitern Schwierigkeiten mehr, die Wärmemengen zu bestimmen, welche in beliebigen Zeiträumen den verschiedenen Breiten der Erde zugestrahlt werden, was des weitern durchgeführt wird.

---

[1]) Anzeigen d. k. k. Akad. in Wien 1905. Nr. 23.
[2]) Akad. d. Wiss. in Wien. Wiener Akad. Ber. 1905. Nr. 13.

Absorption und Emission der äußersten ultravioletten Strahlen in der Atmosphäre. Nr. 1413 der „Smithsonian Contributions to Knowledge" enthält eine Abhandlung von Dr. V. Schumann in Leipzig, in welcher derselbe eine eingehende Beschreibung seiner spektroskopischen Untersuchungen über die Absorption und Emission der atmosphärischen Luft und ihrer Bestandteile für Lichtstrahlen von Wellenlängen zwischen 250 und 100 $\mu\mu$, sowie des dabei verwendeten Apparates gibt. Er erhielt photographische Spektren von N, O, CO_2, CO, Wasserdampf und H mittels eines zweckentsprechend eingerichteten Spektroskops, aus dem er alle Gase mit Ausnahme des zu untersuchenden entfernen konnte; dieses benutzt er nach nochmaliger Reinigung in Lagen von bestimmter Dicke. Dr. Schumann fand, daß Stickstoff auch noch für Wellenlängen unter 162 $\mu\mu$ sehr durchlässig ist, aber bestimmte Wellen stark absorbiert; das Emissionsspektrum erstreckt sich unter 162 $\mu\mu$. Sauerstoff absorbiert die Strahlen um 185 $\mu\mu$ in deutlich ausgeprägten Bändern (14); in der Richtung der stärker brechbaren Strahlen tritt dann vollkommene Absorption ein. Diese hält der Verfasser für die Ursache der Undurchlässigkeit der Atmosphäre für Strahlen unter 185 $\mu\mu$. Das Absorptionsspektrum der Kohlensäure ist dem des Sauerstoffes ähnlich, erstreckt sich aber bis zu viel kleinern Wellenlängen. Die Anwesenheit von dem Kohlenoxyd angehörigen Banden — eine der größten Schwierigkeiten, mit welchen Dr. Schumann zu kämpfen hatte, weil diese Strahlen eine sehr starke photographische Wirkung ausüben und sich weit unter 162 $\mu\mu$ erstrecken — hat die genaue Bestimmung des stärker brechbaren Teiles des Kohlensäurespektrums verhindert, das an Linien ungemein reich ist. Kohlenoxyd absorbiert die kürzern Wellenlinien etwas weniger als Kohlensäure. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Wasserdampf sind etwas unsicher wegen der Bildung von Tau; sein Spektrum besteht im wesentlichen aus dem des Wasserstoffes, dem starken Maximum des Sauerstoffes bei 185 $\mu\mu$ und einer Anzahl anderer Linien, deren Provenienz bisher unbekannt ist. Die Erfahrungen führten trotzdem zu dem Schlusse, daß der Wasserdampf sich in regelmäßiger Weise dissoziiert und wieder rekonstruiert. Die Resultate bezüglich des Wasserstoffes sind sehr interessant und werden von Dr. Schumann eingehend behandelt. Sie zeigen, daß dieses Gas sehr durchlässig ist, doch ist die Grenze dieser Durchlässigkeit noch nicht ganz festgestellt. Die Karten des Wasserstoffspektrums enthalten ungefähr 1500 Linien zwischen 185 und 127 $\mu\mu$. Dr. Schumann vermutet, daß der letztere Wert noch nicht die Grenze des Spektrums bezeichnet, auch hält er das H-Spektrum zwischen 185 und 369.9 $\mu\mu$ für kontinuierlich.

Der periodische Verlauf der Wärme in Boden, Luft und Wasser.

Nachdem Prof. W. von Bezold schon im Jahre 1892 als ein Hauptproblem der Meteorologie die Verfolgung der Umwandlungen der Energie an der Erd-

oberfläche und im Luftmeere nach Art und Maß bezeichnet hat, unternahm Prof. J. Schubert die genauere, mathematische Behandlung dieses Problems und gelangte dabei zu wichtigen Ergebnissen. Er hat über diese an verschiedenen Stellen berichtet[1]) und nunmehr die Hauptergebnisse in einer Darlegung zusammengefaßt.[2])

Wärmegehalt des Bodens ist die Wärmemenge, welche dem Boden zuzuführen ist, um ihn von gegebener Anfangstemperatur auf die jeweilige Temperatur zu bringen. Betrachtet man eine senkrechte Säule, deren Horizontalquerschnitt gleich der Flächeneinheit ist, und die von der Oberfläche bis zu einer Tiefe reicht, in der die Temperaturänderungen unmerklich sind, so ist der Wärmegehalt des Bodens pro Flächeneinheit gleich der Wärmemenge, die erfordert wird, um diese Säule von dem Anfangszustande der Temperatur auf den Endzustand zu bringen. Nach den Beobachtungen (1876 bis 1890) des grasbedeckten, oben humosen Sandbodens zu Eberswalde ist die vom Wassergehalte abhängige Wärmekapazität dort zu etwa 0,4 bestimmt. Im Sommer ist die tägliche Wärmezufuhr größer als die nächtliche Abgabe: der Wärmegehalt wächst. Seinen höchsten Wert erreicht er in Eberswalde etwa am 7. September. Im Winter überwiegt die Wärmeabgabe, daher sinkt der Wärmegehalt und erreicht zum Frühjahre, in dem gewählten Beispiele am 21. März, den tiefsten Stand. Der Unterschied zwischen dem Minimum und Maximum des Wärmegehaltes ergibt den jährlichen „Wärmeaustausch" oder Umsatz und ist gleich der Summe der im Sommer einströmenden oder der im Winter ausströmenden Wärmemengen. Bei der Bildung der Summe für den Sommer sind die nächtlich austretenden Wärmemengen von den tagsüber einströmenden in Abzug zu bringen; umgekehrt im Winter. Bei der Berechnung des Wärmeaustausches sind nur Temperaturänderungen berücksichtigt. Die bei Änderung des Aggregatzustandes des im Boden befindlichen Wassers umgesetzten Wärmemengen bleiben hierbei außer Ansatz. Die einfachen Gesetze der Wärmeleitung, welche auf der Annahme beruhen, daß der Wärmestrom, d. h. die in der Zeiteinheit durch die horizontale Flächeneinheit strömende Wärmemenge, dem Temperaturgefälle proportional ist, können aber nur als Annäherungen an die wirklichen Vorgänge in der Natur gelten, denn ungleiche Beschaffenheit des Bodens, Wechsel des Wassergehaltes, Verdunstung und Kondensation, Gefrieren und Auftauen des Wassers und die Schneedecke bedingen mannigfache Abweichungen von der einfachen Theorie. Diese treten besonders in der Nähe der Oberfläche auf und beeinflussen daher den täglichen Gang, der sich in Schichten von geringer Tiefe abspielt, mehr als den jährlichen.

Betrachtet man die Gewässer, so treten die Bewegung der Wassermassen und das Eindringen der Strahlen in größere Tiefen gegenüber der eigentlichen Wärmeleitung in den Vordergrund. Die Oberfläche des festen Bodens erleidet unter dem Einflusse der Ein- und Ausstrahlung große Temperaturschwankungen, die aber stark abgeschwächt in die Tiefe geleitet werden. Für das Wasser ist das tiefe Eindringen der Temperaturänderungen charakteristisch, während diese an der Oberfläche verhältnismäßig gering sind.

Die jährliche Temperaturschwankung an der Oberfläche in Königsberg beträgt im Lande etwa 20°, im Kattegatt nur 15°; abgesehen von der obersten Schicht sind aber die Temperaturschwankungen im Wasser außerordentlich viel größer als im festen Boden. In 20 *m* Tiefe ist die jährliche Änderung im Boden unmerklich, während sie im Meer noch 9° beträgt.

Für Seewasser von 3 bis 2% Salzgehalt ist die Wärmekapazität = 0,96 bis 0,97. Die Wärmemenge, welche das Meer in der Nordsee und im Kattegatt im Sommer in seinen Tiefen aufspeichert und im Winter abgibt, berechnet

---

[1]) Vgl. auch dieses Jahrbuch **15**. p. 298.

[2]) Ill. Aeronautische Mitteilungen 1904. 7. Heft. p. 213 u. ff.

sich zu 44 000 Kalorien pro Quadratzentimeter und beträgt das 24-fache des jährlichen Wärmeaustausches im festen Lande.

Die Temperaturverteilung in der Atmosphäre stellt Prof. Schubert auf Grund der Ergebnisse der Berliner Luftfahrten dar, wie sie in dem von Aßmann und Berson herausgegebenen Werke[1]) niedergelegt sind. Den direkten Beobachtungsergebnissen hat er durch graphische Ausgleichung eine allgemeinere Bedeutung gegeben. Einerseits sind sie am Boden an die vieljährigen Normalmittel für Berlin angeschlossen, und nach oben hin wurden sie durch Anlehnung an die von Teisserenc de Bort für Paris gefundenen bis 10 *km* Höhe geltenden Temperaturen ergänzt. Die so erhaltenen Kurven geben eine übersichtliche Charakteristik der einzelnen Jahreszeiten in bezug auf die Temperatur: Die größere Kälte des Winters und die hohe Sommertemperatur finden sich in zunehmendem Maße in den untern Schichten der Atmosphäre und besonders nahe am Boden ausgeprägt. Frühling und Herbst schließen sich unten wie oben an das Jahresmittel an und haben ihre größte Abweichung in den mittlern Schichten, wo der Frühling am kältesten, der Herbst am wärmsten ist. In der obern Hälfte stimmen Frühling und Winter nahezu überein, während dort die Herbsttemperaturen etwas unter denen des Sommers bleiben. Aus der Temperaturverteilung folgt, daß das Gleichgewicht im Winter in der ganzen Atmosphäre stabiler, im Frühlinge oben stabiler, unten weniger stabil, im Sommer in der ganzen Atmosphäre weniger stabil und im Herbste oben weniger stabil, unten stabiler ist als im Jahresdurchschnitte.

Als „Wärmegehalt der Atmosphäre" bezeichnet Prof. Schubert mit W. v. Bezold die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Luft bei konstantem Drucke von einer Anfangstemperatur auf die jeweilige Temperatur zu bringen, und bezieht die Größe auf eine über der Flächeneinheit stehende Luftsäule. Beträgt der Luftdruckunterschied zweier Horizontalflächen 1 *mm*, so enthält das zwischen ihnen liegende Stück der Luftsäule von 1 *qcm* Querschnitt 1,36 *g* Luft. Da die spezifische Wärme der Luft bei konstantem Drucke = 0,238 ist, ergibt sich als Anzahl der Wärmeeinheiten, die zur Erhöhung der Temperatur um einen Grad für jenes Stück der Luftsäule erforderlich ist, $0{,}238 \cdot 1{,}36 = 0{,}324$. Zur Änderung der Temperatur vom Ausgangspunkte t_0 auf t Grad sind demnach $0{,}324\,(t-t_0)$ Kalorien pro Quadratzentimeter nötig. Mit andern Worten: um den Wärmegehalt einer Luftschicht für die Druckstufe von 1 *mm* zu finden, multipliziert man die Temperatur mit dem Faktor 0,324.

Als Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Stande des Wärmegehaltes oder den jährlichen Wärmeaustausch für Berlin findet Prof. Schubert 2620 kal./*qcm*, d. h. es bedarf einer Wärmemenge von 2620 Grammkalorien, um eine Luftsäule von 1 *qcm* Querschnitt bei konstantem Drucke von ihrem tiefsten Temperaturstande im Jahre auf den höchsten zu bringen.

Die Wärme, welche den Gewässern, dem feuchten Erdboden, sowie dem in der Luft schwebenden flüssigen Wasser zugeführt wird, dient nur zum Teile zur Temperaturerhöhung. Ein anderer Teil wird zur Verdampfung von Wasser verbraucht. Umgekehrt wird beim Übergange von Wasserdampf in die flüssige Form wieder Wärme frei. Um die Bedeutung der Verdunstungs- und Kondensationswärme für den jährlichen Energiehaushalt der Atmosphäre zu ermitteln, hat Prof. Schubert zunächst den Wasserdampfgehalt der Luft in den verschiedenen Jahreszeiten festgestellt und dabei wieder die Ergebnisse der Berliner Luftfahrten zugrunde gelegt.

Er findet, daß der Herbst am wenigsten vom Jahresdurchschnitte abweicht, der Sommer am meisten. Die größte Zunahme zeigt sich vom Frühlinge zum Sommer, die Abnahme vom Sommer zum Winter verteilt sich gleichmäßig auf die beiden Zwischenzeiten. Der Wassergehalt im Sommer übertrifft den im Winter um 1,44 *g*/*qcm*. Legt man nach W. v. Bezold einen

[1]) Wissenschaftliche Luftfahrten. Braunschweig 1899—1900. 3.

mittlern Wassergehalt von 1,65 *g/qcm* zugrunde, so ergeben sich als Jahreszeitmittel für

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	
1,01	1,40	2,45	1,74	*g/qcm*

Das gesamte dampfförmige Wasser der Atmosphäre würde also im flüssigen Zustande den Boden im Winter 1,0, im Sommer 2,5 *cm* hoch bedecken. Diese Größen und ihr Unterschied sind auffallend gering im Vergleiche zur jährlichen Niederschlagsmenge, die für das nördliche und mittlere Deutschland 60 *cm* beträgt. Es erhellt daraus, wie oft das herabfallende Wasser wieder durch seitliche Zuführung und örtliche Verdunstung ersetzt werden muß.

Prof. Schubert untersucht nun die Rolle, welche der Wasserdampf und die jährliche Änderung seiner Menge im Energiehaushalte der Atmosphäre spielt. Um eine ungefähre Vorstellung von der Größe dieses Einflusses zu verschaffen, geht er von der Annahme aus, daß rund 600 Kalorien Wärme zur Verdunstung von einem Gramm Wasser erforderlich sind. Man hat dann die vorstehenden Zahlen mit 600 zu multiplizieren, um die Wassermengen in Energiemenge umzusetzen. Wenn also der Wasserdampfgehalt vom Winter zum Sommer um 1,44 *g* pro Quadratzentimeter zunimmt, so entspricht das einer Energiemenge von rund 860 Kalorien pro Quadratzentimeter. Dieser Betrag tritt zu der Energievermehrung, welche mit der Temperaturerhöhung verbunden ist, hinzu.

Als gesamter jährlicher periodischer Energieumsatz der Atmosphäre einschließlich der Dampfwärme findet Prof. Schubert den Wert 3600 Kalorien pro Quadratzentimeter und ferner, daß der Energieumsatz durch die Dampfwärme an der Erdoberfläche doppelt so hoch (75%) ist wie für den Durchschnitt der ganzen Atmosphäre (37%). Indem er die erhaltenen Resultate zusammenstellt, gibt er für den jährlichen Wärmeaustausch folgende Werte in Grammkalorien pro Quadratzentimeter:

Sandboden (Eberswalde)	1 850
Atmosphäre ohne Dampfwärme (Berlin)	2 620
„ mit „ „	3 600
Ost- und Nordsee (Dänische Stationen)	44 000

Prof. Schubert untersucht nun den jährlichen Gang des Wärmegehaltes auf Grund der einzelnen Monatswerte, die er für den Erdboden aus den Beobachtungen zu Eberswalde, für das Meer aus fünf dänischen Ost- und Nordseestationen berechnet und durch Kurven darstellt, die ein anschauliches Bild vom jährlichen Gange des Wärmegehaltes in Boden, Wasser und Luft geben. Das außerordentliche Überwiegen des Wärmeumsatzes im Meer und das verschiedene Verhalten der festen und flüssigen Erdoberfläche fällt bei diesen in die Augen. „Der feste Boden speichert im Frühlinge und Sommer wenig Wärme in der Tiefe auf, erhitzt sich stark an der Oberfläche und gibt viel Wärme an die Luft ab. Das Meer speichert viel Wärme in seinen Tiefen auf, erhöht seine Oberflächentemperatur nur wenig und gibt auch entsprechend weniger Wärme an die Luft ab; es wird also im Vergleiche zum Festlande im Frühjahre und Sommer auf das Ansteigen der Lufttemperatur eine zurückhaltende Wirkung ausüben. Umgekehrt vermag im Herbste und Winter der feste Boden wenig Wärme aus der Tiefe zu entnehmen, seine Oberfläche und die überlagernde Luft kühlt sich stark ab. Das Wasser dagegen gibt viel Wärme her und verzögert so die Abkühlung seiner Oberfläche wie der Luft. Die größte Wärmeaufnahme findet im Mai oder Juni, die bedeutendste Abgabe im Oktober oder November statt. Im Laufe des Oktobers gibt das Meer 15 mal soviel Wärme ab als die Atmosphäre unter Einrechnung der Dampfwärme und 32 mal soviel als der feste Erdboden. So stellt sich die See als ein Wärmebehälter und Regulator von außerordentlicher Mächtigkeit dar. Der darauf beruhende große Einfluß auf die Witterungsvorgänge in benachbarten Ländern läßt sich in mehrfacher Beziehung nachweisen. Die Wärmeübertragung von der Meeresoberfläche an die benachbarte Luftschicht ist abhängig von dem

Temperaturgefälle an der Grenze von Meer und Luft. Nach den Beobachtungen der dänischen Stationen ist die Meeresoberfläche von April bis Juli kälter, sonst wärmer als die überlagernde Luft. Wie die Wärmeabgabe des Meeres ist auch der Temperaturüberschuß der Meeresoberfläche im Oktober und nächstdem in den folgenden beiden Monaten am größten. Im Jahresdurchschnitte ist die oberste Wasserschicht einen halben Grad wärmer als die unterste Luftschicht. Ein Grund hierfür liegt darin, daß erwärmtes Wasser aufsteigend und abgekühlte Luft absteigend das Bestreben haben, sich der Meeresoberfläche zu nähern. Auch der Gang der Lufttemperatur im Seeklima zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Wärmehaushalte des Meeres. So ist z. B. die jährliche Temperaturschwankung auf der Nordseeinsel Helgoland nur ein Viertel so groß wie auf der rein kontinentalen Station Irkutsk in Ostsibirien. Nur im Juni und Juli ist Helgoland kälter, sonst wärmer. Der Temperaturüberschuß der Insel beträgt im Januar 4.5°, nimmt dann ab, um vom Juli an wieder zu steigen. Die größte Zunahme findet auch hier im Oktober und nächstdem im November statt. In diesen Monaten trägt das Meer durch Wärmeabgabe am reichlichsten dazu bei, das Sinken der Lufttemperatur zu verlangsamen. Die Wirkung des Meeres findet nicht nur durch direkten Temperaturausgleich statt, sondern auch durch Verdampfung und Freiwerden der Kondensationswärme bei der Niederschlagsbildung. Auf dem Festlande, insbesondere in Norddeutschland, ist die Niederschlagsmenge im Sommer am größten. Wenn nun die reichliche Hergabe von Wärme und Wasserdampf von seiten des Meeres im Herbste fördernd auf die Niederschlagsbildung einwirkt, so wird sich an der Küste eine Verschiebung der größten Regenhöhe vom Sommer nach dem Herbste hin bemerkbar machen müssen. Die Niederschlagsmengen für die deutsche Nordseeküste zeigen in der Tat einen entsprechenden jährlichen Gang: ihr Maximum fällt auf den September. Beachtet man, daß zur Verdampfung einer Wasserschicht von 1 *cm* Höhe eine Wärmemenge von 600 Kalorien pro Quadratzentimeter erforderlich ist, so zeigt sich, daß die im Herbste vom Meere gelieferten Wärmesummen nicht unbeträchtlich größer sind, als es der Niederschlagsmenge für dieselben Zeiträume und gleiche Flächen entspricht. Die vom Meere durch Vermittlung des Wasserdampfes abgegebene Wärme kommt vornehmlich den Schichten der Atmosphäre zugute, in denen die stärkste Wolkenbildung stattfindet. Durch vermehrte Wolkenbildung wird aber wiederum die Ausstrahlung und Abkühlung der Erdoberfläche im Herbste und Winter verringert."

Schließlich untersucht Prof. Schubert auch die Phasen des jährlichen Ganges des Wärmegehaltes. Hiernach bleibt der Wärmegehalt des Erdbodens der Temperatur der Erdoberfläche im jährlichen Gange um ein Achtel der ganzen Periode zurück. Der Wärmegehalt der ganzen Atmosphäre (ohne Dampfwärme) zeigt gegenüber der Temperatur oder dem Wärmegehalte der untersten Luftschicht über dem Festlande eine Verspätung von 0.83 Monat, die sich bei der Berücksichtigung der Dampfwärme auf 0.54 Monat ermäßigt. Am schnellsten, nämlich mit einer Verzögerung von 0.39 Monat, folgt die Meereswärme der allerdings etwas unter der Oberfläche gemessenen Temperatur der Grenzschicht. Der Wärmegehalt ohne und der mit Berücksichtigung der Dampfwärme zeigen in der untersten Luftschicht zueinander entgegengesetztes Verhalten wie in der ganzen Atmosphäre. Der Wasserdampf übt am Boden eine verzögernde, im ganzen Luftmeere dagegen eine beschleunigende Wirkung aus. Am Boden gehen die Temperaturänderungen infolge von Ein- und Ausstrahlung voran, die hiervon beeinflußten Änderungen des Wasserdampfgehaltes folgen. In der Höhe macht sich die Zu- und Abführung des Wassers überwiegend bemerkbar, indem die Dampfmenge sich schneller, als es dem Temperaturgange entspricht, ändert. Demgemäß zeigen auch die Temperatur und der Wärmegehalt der einzelnen Schichten ohne und mit Dampfwärme voneinander abweichende Verzögerungen mit wachsender Höhe oder abnehmendem Drucke.

Die Bedeutung des Ozeanes für die Konstanz des atmosphärischen Kohlensäuregehaltes ist von Prof. A. Krogh (Kopenhagen) durch experimentelle Studien klar gelegt worden.[1]) Von dieser Arbeit gibt Prof. Hann eine lichtvolle Analyse, der das Nächstfolgende entnommen ist. Das Meerwasser enthält einen Überschuß an Basen, es reagiert alkalisch. Dies hat Dittmar konstatiert, und Tornöe hat die alkalische Reaktion des Meerwassers direkt nachgewiesen. Tornöe fand auch, daß der Überschuß der Basen (Kalk und Magnesia) mit Kohlensäure kombiniert ist. Für den Nordatlantischen Ozean fand Tornöe die Alkalinität des Wassers 52.8 *mg* oder 26.9 *ccm* CO_2 pro *l*, die totale Quantität von CO_2 aber zu 96.4 *mg* = 49.1 *ccm* pro *l*.

Unter der Alkalinität des Wassers versteht man gewöhnlich die Quantität von CO_2 in Kubikzentimetern, die nötig wäre, um die überschüssigen Basen in 1 *l* Seewasser in normale Karbonate zu verwandeln. Dittmar hat nachgewiesen, daß trotzdem das Wasser keine Kohlensäure von der Luft aufnimmt, sondern beim Schütteln mit Luft (vom gewöhnlichen CO_2-Gehalt) im Gegenteil CO_2 an die Luft abgibt. Er erkannte daraus, daß die gelösten Bikarbonate einen Dissoziationsdruck besitzen.

Dr. A. Krogh weist nun nach, daß einer der Hauptfaktoren (abgesehen von der Temperatur), von denen dieser Dissoziationsdruck abhängt, in dem Verhältnisse liegt, in welchem die Quantitäten der Bikarbonate und der normalen Karbonate in der Lösung vorhanden sind. In dem Meerwasser sind gleichzeitig vorhanden: normale Karbonate, Bikarbonate, Basen und freie aufgelöste Kohlensäure.

Die freie CO_2 im Seewasser übt einen gewissen Gasdruck aus, welcher variiert mit dem totalen vorhandenen Betrage von CO_2 und der Alkalinität des Wassers. Dieser Gasdruck kann leicht bestimmt werden durch einfaches Schütteln des Wassers mit einem geringen Volumen Luft, worauf dann der Druck von CO_2 in dieser Luft gemessen wird. Dieser Druck ist gleich jenem im Wasser, indem beide durch das Schütteln ins Gleichgewicht gebracht worden sind. Der Vorgang gibt ausgezeichnete Resultate bei Süßwasser wie bei Seewasser und kann rasch ausgeführt werden nach dem Apparate von Haldane oder Pettersson und Sonden zur Bestimmung kleiner Mengen von CO_2.

Seewasser liefert nun das Resultat, daß ein vergleichsweise großer Betrag von CO_2 absorbiert werden kann, während der entsprechende Druck bloß eine sehr kleine absolute Änderung erleidet, vorausgesetzt, daß die Alkalinität konstant bleibt. Wasser z. B. von der Alkalinität 23 und einem Gehalte von CO_2 = 36.7 *ccm* pro *l*, kann 4.3 *ccm* dieses Gases absorbieren, während der Druck, gemessen wie oben beschrieben, bloß von 0.015% auf 0.0295% einer Atmosphäre

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1905. p. 89.

zunimmt. Mit andern Worten: Luft mit dem Wasser von ursprünglicher Beschaffenheit geschüttelt, enthält 1.5 Teile CO_2 auf 10000, während nach der Absorption die Luft, ähnlich behandelt, 2.95 Teile pro 10000 enthalten würde.

Infolge dieses Druckes der Kohlensäure findet ein konstanter Austausch statt zwischen jeder Wasseroberfläche, ob Süß- oder Seewasser, und der Luft darüber, je nachdem der Druck der CO_2 im Wasser größer ist oder in der Luft, der Effekt ist, daß der Ozean als ein Regulator des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre wirkt, indem er jede Abweichung von dem normalen Verhältnisse kompensiert. Der Druck von CO_2 in der Luft ist jetzt ca. 0.03% einer Atmosphäre (3 Volumina pro 10000); der absolute Betrag von CO_2 in der ganzen Atmosphäre berechnet sich daraus zu 2.4×10^{12} Tonnen, während die Quantität von CO_2 in den Ozeanen 27mal so groß angenommen werden muß.

Um den Gehalt der Atmosphäre an CO_2 auf 0.04% zu steigern, würde zuerst nötig sein, $\frac{1}{3}$ von dem jetzigen Betrage hinzuzufügen. Der Druck von CO_2 würde aber durch die Absorption von CO_2 durch das Meerwasser allmählich wieder abnehmen, und aus den Versuchen von Dr. A. Krogh ergibt sich, daß, um den Ozean ins Gleichgewicht mit der geänderten Atmosphäre zu bringen, eine weitere Zugabe vom zweifachen Betrage des ersten nötig werden würde, was einer totalen Zugabe von CO_2 im Betrage von 5.6×10^{12} Tonnen entsprechen würde. Dieses Rechnungsergebnis zeigt, daß enorme Änderungen nötig wären, um eine Variation des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre hervorzubringen.

Der Austausch von CO_2 zwischen Meer und Luft ist auch durchaus kein so langsamer Prozeß, sondern findet mit bemerkenswerter Geschwindigkeit statt. Eine Druckdifferenz z. B. von bloß 0.001 einer Atmosphäre zwischen Meerwasser und Luft, d. i. eine Vermehrung um 0.1 Volumenprozent CO_2 in der Atmosphäre, würde eine Absorption von 0.525 *ccm* CO_2 pro *qcm* der Meeresoberfläche pro Jahr hervorrufen oder eine totale Absorption von 3.85×10^9 Tonnen CO_2.

Der Verf. betrachtet von diesem Gesichtspunkte aus die Zunahme des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre infolge der Verbrennung der Kohlen, welche jährlich auf ca. $^1/_{1000}$ von dem jetzigen CO_2-Gehalte der Atmosphäre geschätzt werden kann, so daß in 1000 Jahren, vorausgesetzt die Kohlenvorräte seien bis dahin nicht erschöpft, der CO_2-Gehalt der Atmosphäre von 0.03 auf 0.06 Volumenprozente zunehmen würde. Aber sowie die Zunahme von CO_2 sich nur von 3.0 auf 3.1 erhöht, wird der Ozean CO_2 absorbieren, fast so rasch, als die Vermehrung erfolgt, und mit Rücksicht auf obige Ausführungen kann man sagen, daß nach 1000 Jahren, infolge der großen Mengen CO_2, die nötig sind, um den Ozean ins Gleichgewicht zu bringen, der CO_2-Gehalt auf nicht mehr als 3.5 Hunderstel Volumenprozente gestiegen sein würde.

Über die große Frage, ob die Produktion von CO_2 im ganzen größer ist als deren Bindung und Zersetzung, ist nichts Sicheres bekannt. Es sind aber Anzeichen vorhanden, daß dieser Bestandteil der Atmosphäre in Zunahme begriffen ist. Das hauptsächlichste Argument dafür besteht in der Tatsache, daß über dem Ozeane der Druck der Kohlensäure bestimmt niedriger ist als über dem Lande, was darauf hinweist, daß die Luft von irgend einer Quelle her einen stetigen Zufluß von Kohlensäure erfahren muß, durch welchen diese Differenz des Druckes erhalten bleibt.

Lufttemperatur.

Die Verteilung der solaren Wärmestrahlung auf der Erde ist von Dr. Fr. Hopfner mathematisch dargestellt worden.[1]) Unter Voraussetzung einer kreisförmigen Erdbahn findet er folgende Resultate, die jedoch auch bei der geringen Exzentrizität der Erdbahn keine wesentliche Änderung erfahren.

Für jede Hemisphäre existieren drei voneinander verschiedene Typen des solaren Wärmeganges.

Der erste Typus, der äquatoriale, tritt auf bei allen Breiten zwischen dem Äquator und der Breite φ_0.[2]) Er ist charakterisiert durch zwei Maxima und zwei Minima im Laufe eines Jahres. Die Maxima treten im Sommer der betreffenden Hemisphäre gleichzeitig vor und nach der Sonnenwende auf, die Minima zur Zeit der Solstitien selbst. Dabei fällt das tiefere Minimum, das Hauptminimum, in das Wintersolstitium, das flachere in das Sommersolstitium der betreffenden Halbkugel.

Der zweite Typus im solaren Wärmegange tritt auf zwischen den Breiten φ_0 (einschließlich) und $90°-\varepsilon$. Hier weist der solare Wärmegang ein Maximum und ein Minimum auf, ersteres zur Zeit des Sommersolstitiums, letzteres im Wintersolstitium der betreffenden Hemisphäre.

Der dritte Typus, der polare, zeigt sich in den Breiten von $90°-\varepsilon$ (einschließlich) bis zum Pole. Hier sind die Breiten eine gewisse Zeit des Jahres unbestrahlt; das Maximum der Strahlung fällt in das Sommersolstitium der betreffenden Halbkugel.

Es erhält die eine Hemisphäre in dem einen halben Jahre, während sich die Erde von dem einen Äquinoktialpunkte bis zum andern bewegt, eben so viel Wärme zugestrahlt wie die andere Hemisphäre in dem andern Halbjahre. Daraus ergibt sich aber der wichtige, schon viel diskutierte Satz, daß im Laufe eines ganzen Jahres jede Halbkugel gleich viel Wärme zugestrahlt erhält.

---

[1]) Sitzungsber. d. k. k. Akademie in Wien, mathem.-naturwiss. Klasse. **114**, Abt. IIa. Oktober 1905.

[2]) Für eine Schiefe ε der Ekliptik von 23° 27′ ergibt sich φ_0 zu 22° 33′.

Der tägliche Gang der Temperatur in der innern Tropenzone ist von Prof. J. Hann untersucht worden.[1])

Die erhebliche Unsicherheit der Temperaturmittel aus den Tropen hat den Verfasser veranlaßt, eine der Ursachen derselben, die mangelnde Kenntnis der Korrektionen, die an die Mittel verschiedener Kombinationen von Terminaufzeichnungen anzubringen sind, aus dem Wege zu räumen. Er hat zu diesem Zwecke alle ihm zugänglichen stündlichen Temperaturaufzeichnungen zunächst aus dem innern Tropengebiete gesammelt und zu einem größern Teile selbst erst berechnet. Es gelang ihm, für 32 Orte zwischen ca. 16° N. und 16° S. den täglichen Wärmegang in Form von Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel darzustellen und derart die erwähnten Korrektionen zu gewinnen. Die Orte, deren täglicher Temperaturgang mitgeteilt wird, sind: I. Afrikanisches Tropengebiet: Tanga, Dar-es-Salâm, Kibosha (am untern Urwaldrande des Kilimandscharo), Kwai (W-Usambara), Tabora, Tosamaganga (Uhehe), Kigonsera (alle in Deutsch-Ostafrika), ferner Boroma (am Zambesi), Timbuktu, Bismarckburg, Christiansburg, Loanda, Ascension, St. Helena; II. Amerikanisches Tropengebiet: Camp Jacob (Guadeloupe), Port au Prince, Chimax bei Coban (Guatemala), Guatemala, San José de Costarica, Alhajuela (Isthmus von Panama), La Boca (Panama), Pará, Quixeramobim (Céara), Mollendo, Arequipa; III. Asiatisches und australisches Tropengebiet: Trevandrum und Agustia Pik (Travancore), Madras, Singapore, Batavia, Manila, Port Darwin.

Der tägliche Temperaturgang an jedem dieser Orte wird in einem speziellen Teile mit Beziehung auf die korrespondierenden Mittelwerte der Bewölkung und der Regenverhältnisse beschrieben, und es werden die Eintrittszeiten der täglichen Extreme sowie des Tagesmittels der Temperatur berechnet.

Für eine Anzahl von Stationen wird der tägliche Gang auch durch trigonometrische Reihen dargestellt. Es zeigt sich eine sehr bemerkenswerte Übereinstimmung der Phasenzeiten der ganztägigen und der halbtägigen Welle, und die Amplituden derselben stehen in einem nahezu konstanten Verhältnisse. Die Amplitude der halbtägigen Welle beträgt ca. 0.3 von jener der ganztägigen Welle, und die Amplitude der dritteltägigen Welle beträgt ca. ein Viertel von jener der halbtägigen, ist demnach schon recht unbedeutend.

Die Berechnung der Korrektionen der Mittel aus verschiedenen Kombinationen von Terminaufzeichnungen ergibt, daß das Mittel (7 + 2 + 9 + 9) : 4 auch in den Tropen, wie bei uns, geringer Korrektionen bedarf; das Mittel (7 + 2 + 9) : 3 ist besser als in den gemäßigten Breiten, es bedarf einer geringern Korrektion, auch das Mittel

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1905. p. 155.

(6 + 2 + 8) : 3, das in den Tropen vielfach benutzt wird, erheischt nur geringe Korrektionen. Dagegen ist das Mittel der täglichen Extreme zu vermeiden, die Korrektionen desselben sind sehr variabel nach Jahreszeit und Ort, sie erreichen und überschreiten örtlich einen vollen Grad, dabei schwankt die Korrektion nach den Monaten manchmal von 0 bis 1°, so daß der jährliche Gang der Temperatur durch die Mittel der täglichen Extreme ganz gefälscht werden kann. Die Verwendung, ja leider Bevorzugung der Mittel der täglichen Extreme ist eine der Ursachen, durch welche eine große Unsicherheit in die Temperaturmittel aus den Tropen gebracht worden ist.

Über die Temperaturabnahme mit der Höhe teilt E. Rosenthal Untersuchungen mit.[1]) Soweit es das immerhin ziemlich dürftige Material erlaubt, glaubt Verf. daraus folgende Schlüsse ziehen zu können:

„1. Die Verhältnisse in der untersten „gestörten" Schicht bis zu etwa 1 *km* Höhe sind wenig regelmäßig, und daher fallen die von verschiedenen Autoren berechneten Temperaturgradienten recht verschieden aus. So findet Hann für die Sommermonate überhaupt höchstens 6 bis 7°, Homma dagegen für Berlin 11°. Die von mir berechneten Fälle von Depressionszentren ergeben für die Berliner Drachenaufstiege ebenfalls 11°, für zwei internationale Fahrten nur 6°, für einen Fall im Winter 3°, während Hann für Depressionen überhaupt im Sommer fast 4°, im Winter 3° findet. Es spielen hier möglicherweise außer der regelmäßigen Erwärmung oder Abkühlung des Bodens durch Strahlung noch andere Ursachen mit. Bei einer allgemeinen Charakteristik der großen atmosphärischen Störungen wird man also die unterste Schicht unberücksichtigt lassen müssen.

2. Für das Höhenintervall von 1 bis 5 oder 6 *km* beträgt in Zyklonen die Temperaturabnahme sehr gleichmäßig 5½° rund per Kilometer sowohl im zentralen Teile der Minima als auch in ihren Randgebieten. Die Abweichungen von diesem Mittelwerte sind in der Regel kleiner als 1°.

3. Höher als 5 bis 6 *km* scheint die Temperaturabnahme in Zyklonen, wenigstens im Sommer, etwas größer zu werden und etwa 7° zu betragen. Das geringe zurzeit vorliegende Material gestattet aber nicht, diese Behauptung sicher zu begründen.

4. Ein merklicher Unterschied zwischen innern und äußern Gebieten einer Zyklone scheint nicht zu bestehen."

In bezug auf die Methode, nach der die oben angeführten Zahlen gewonnen wurden, bemerkt Verf., daß er zunächst nach den direkt beobachteten Zahlen Zustandskurven zeichnete, eventuell für Auf-

[1]) Ill. Aeronautische Mitt. 1905. p. 117 ff.

stieg und Abstieg besonders. Durch die so erhaltenen, meist noch etwas unregelmäßigen Linien wurden dann möglichst kontinuierliche Kurven gezogen und den letztern dann die hier publizierten Zahlen entnommen.

Die warme Luftschicht in großen Höhen der Atmosphäre ist von H. Hergesell nach den Angaben eines in Straßburg am 9. Februar 1905 emporgesandten Registrierballons untersucht worden.[1]) Die Höhen des Ballons wurden trigonometrisch ermittelt. Die warme Schicht zeigt sich in 11 400 *m* Höhe, nachdem der Ballon 30 Minuten gestiegen war. Die Temperaturabnahme hört hier (bei — 69°) plötzlich auf und geht in eine scharfe Zunahme über, die mit wachsender Höhe kleiner wird; die Temperaturverteilung zeigt jene eigentümliche Schichtung, die Teisserenc de Bort hervorgehoben hat. In der Maximalhöhe von 15 080 *m* war die Temperatur auf — 57° gestiegen, also für 3680 *m* um 12°. Der Abstieg bietet ganz analoge Verhältnisse. Nachdem der Ballon in 15 080 *m* geplatzt war, fiel er, die Temperatur sank wieder, und der Wendepunkt, also die untere Grenze der warmen Schicht, wurde in 11 300 *m* erreicht. Auch die Feuchtigkeitskurve zeigt beim Übergange in die warme Schicht einen starken Knick, und zwar sowohl beim Eintritte wie beim Austritte. Wenn auch die numerischen Werte, welche das Haarhygrometer bei solchen tiefen Temperaturen gibt, nicht sehr zuverlässig sind, so scheint doch die warme Schicht jedenfalls eine größere relative Feuchtigkeit besessen zu haben.

Sehr wichtig sind die Ergebnisse der Visierungen des Ballons; sie beweisen, daß die Windverhältnisse sich beim Erreichen der warmen Schicht völlig verändert haben. Unten herrschten nordöstliche Winde, die an der Erdoberfläche schwach waren, mit der Höhe an Stärke zunahmen und in 10 000 *m* eine Geschwindigkeit von etwa 30 *m/sec*, also einen Oststurm, zeigen. Nachdem der Ballon die warme Schicht erreichte, nahm die Windstärke bedeutend ab, die Richtungen gingen über N. in NW. über, und in 13000 bis 15080 *m* Höhe herrschte NW. mit etwa 14 *m/sec*. Die warme Schicht unterbricht also nicht nur den stetigen Verlauf von Temperatur und Feuchtigkeit, sondern repräsentiert eine völlig andere Luftströmung. In den großen Höhen existierte ein ostwärts gerichteter Luftstrom, der unabhängig von den Strömungen der untern Schichten, in denen die Mischungen vertikaler Strömungen eine fast adiabatische Temperaturabnahme bedingen, wie die Temperaturverteilung zeigt, keine vertikalen Strömungen enthielt, sondern eine warme, feuchte Strömung darstellt. Deren Herkunft muß durch weitere Beobachtungen aufgeklärt werden.

[1]) Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 1905. **1.** p. 143.

Die Temperaturschwankungen in den höchsten Regionen der Atmosphäre. Teisserenc de Bort berichtet über die durchschnittlichen Ergebnisse der während drei Jahren von ihm vorgenommenen Aufzeichnungen der Temperatur in großen Höhen durch Sondierballons.[1]) In Höhen zwischen 3 und 10 *km* verlaufen die Isothermen ziemlich parallel, und von Tag zu Tag beschränkt sich ihre Änderung darauf, innerhalb ziemlich enger Grenzen auseinander zu gehen und aneinander zu rücken, aber man trifft hier keine geschlossenen Kurven. In den untern Partien (2 bis 3 *km* Höhe) hingegen sieht man, selbst wenn man die ersten 300 bis 400 *m*, die direkt vom Boden abhängig sind, beiseite läßt, daß die Isothermen zahlreiche Einbiegungen und oft geschlossene Kurven zeigen, entsprechend den Temperaturumkehrungen, und der Abstand zwischen den Isothermen schwankt oft vom Einfachen zum Dreifachen. In der hohen Atmosphäre (oberhalb 10 *km*) endlich findet man noch viel ausgesprochener die Unregelmäßigkeit in der Temperaturverteilung wieder, die man in den untern Regionen angetroffen hat.

In der sogenannten isothermen Zone beobachtet man ein nahezu vollständiges Aufhören der Temperaturabnahme mit der Höhe, das in der Mehrzahl der Fälle fast plötzlich stattfindet; aber einerseits erfolgt dieses Aufhören in verschiedenen Höhen, und anderseits ändert sich der absolute Wert der Temperatur von einem Tage zum andern so stark, daß die Zeichnung der Isothermenlinien mehrerer aufeinander folgender Tage ein ziemlich kompliziertes Bild darbietet und einen so entschieden eigentümlichen Charakter, daß man auf den ersten Blick und auch ohne Prüfung der barometrischen Werte ein System von Isothermen dieser Region nicht verwechseln kann mit den Isothermen des mittlern Teiles der Atmosphäre.

In einer gegebenen Höhe, z. B. von 11 *km*, ist die Temperaturabnahme bald eine schnelle oder Null, bald wird sie durch eine Temperaturzunahme ersetzt, welche an die Umkehrungen der untern Schichten erinnert. In dieser Zone ist es, wo man Isothermen fast senkrecht zu einer Höhe von 3 oder 4 *km* aufsteigen sehen kann.

Man muß hiernach feststellen, daß fern vom Boden, der bisher als der größte Regulator der Lufttemperatur betrachtet wurde, die Temperatur in wenigen Tagen Abweichungen darbieten kann, die gleichwertig und selbst größer sind als die, welche die Temperatur zur selben Stunde und in demselben Zeitintervalle nahe am Boden zeigt.

Das Befremdende dieser Ergebnisse fällt nur auf, wenn man sie nach den Vorstellungen beurteilt, die bis vor wenigen Jahren geltend waren; „aber sie erscheinen weniger ungewöhnlich, wenn man annimmt, daß die Zone, in der die Temperatur mit der Höhe zu sinken aufhört, die Grenze desjenigen Teiles der Atmosphäre

[1]) Compt. rend. 1905. **140.** p. 467.

bildet, in dem die Bewegungen mit starker vertikaler Komponente entstehen. Dann kann man begreifen, daß, je größere Dicke die Schichten haben, welche Strömungen mit vertikaler Komponente, die Zyklone und Antizyklone, zulassen, desto mehr das Regime der systematisch abnehmenden Isothermen sich in die Höhe erstreckt, und desto niedrigere Werte die Temperatur, während sie zu sinken fortfährt, erreichen kann; und man versteht ferner, warum die Isothermen der hohen Atmosphäre bedeutende Schwankungen darbieten.“

Die tiefste in der Atmosphäre angetroffene Temperatur. In der Nähe der Erdoberfläche beträgt die tiefste bis jetzt beobachtete Temperatur — 69.8° und diese wurde zu Werchojansk in Sibirien gefunden. Die in den letzten Jahren in die hohen Luftregionen gesandten Registrierballons haben indessen noch niedrigere Temperaturen angetroffen. Dr. A. de Quervain berichtet hierüber:[1]) Die tiefste so aufgezeichnete Temperatur war bis vor kurzem die am internationalen Aufstiegstage des Dezembers 1901 von den Ballons-sondes von Trappes und Meudon gefundene. Die verschiedenen Thermographen der Ballons von Trappes zeigten damals von Minimalwerten — 72.9, — 69.0, —73.8, — 71.4° an, der gleichzeitig in Chalais-Meudon aufgestiegene Registrierballon zeigte das Minimum — 73.1° (im Mittel in 12 800 *m* Höhe).

Daß bei den Verhältnissen der hohen Atmosphäre, wie sie über Mitteleuropa bestehen, noch wesentlich tiefere Temperaturen in den Höhen bis 20 *km* gefunden werden könnten, sagt de Quervain, ist ziemlich unwahrscheinlich. Denn sobald ein Registrierballon überhaupt die Höhen von 12 oder 13 *km* erreicht, ist die tiefste von ihm aufgezeichnete Temperatur nicht mehr abhängig davon, wie hoch er weiterhin noch steigt, sondern nur davon, in welcher Höhe er jene neuerdings oft genannte obere Inversionsschicht trifft. In dieser Schicht nimmt die Temperatur zunächst wieder zu, unter Umständen um 10°; und wenn auch einige Kilometer höher oben öfters eine deutliche Temperaturabnahme zu konstatieren ist, so ist diese doch so gering im Vergleiche mit der Temperaturabnahme unterhalb jener Inversionsschicht, daß der Betrag der Minimaltemperatur fast immer davon abhängt, wie bald jene starke Abnahme durch die Inversionsschicht abgeschnitten wird. Nun hat L. Teisserenc de Bort, an dessen Observatorium in Trappes jene wärmere Inversionsschicht zum ersten Male mit Sicherheit am 8. Januar 1899 festgestellt wurde, seither durch eine große Zahl von Aufstiegen nachgewiesen, daß die später auch von andern gefundene Inversionsschicht bedeutenden Höhenschwankungen unterliegt, derart, daß sie in barometrischen Depressionen schon in 8000 *m* Höhe angetroffen werden kann,

[1]) Aeronautische Mitteilungen 1905. p. 153.

während sie in Hochdruckgebieten erst in etwa 12 000 *m* erreicht wird. Demnach werden auch in den Hochdruckgebieten die tiefsten Temperaturen der höhern Schichten getroffen werden, weil dort oben bis zu großen Höhen die Temperaturabnahme fortdauert. Auch das oben angeführte Beispiel der bisher tiefsten Temperatur gehört einem barometrischen Maximum an.

Da nun jene warme Schicht kaum je höher als in 13 000 *m* gefunden worden ist, war damit auch eine gewisse Grenze für die möglichen Minimaltemperaturen gegeben. Diese Grenze konnte sich aber nur auf die Verhältnisse beziehen, wie sie in der Atmosphäre oberhalb des westeuropäischen Kontinents herrschen. In andern Gebieten des Luftmeeres konnten andere Bedingungen erwartet werden. Den ersten Versuch in der Richtung dieses Problems stellen die 25 Registrierballonaufstiege dar, die im Auftrage von L. Teisserenc de Bort im Winter 1901 in Moskau, also in möglichst kontinentaler Lage, vom Verf. durchgeführt worden sind. Da bei jenen Aufstiegen aber nur Leuchtgas zur Verfügung stand, wurden Höhen über 12 000 *m* nicht erreicht und in der vorliegenden Frage nur die negative Feststellung gemacht, daß an jenem nach dem Innern des Kontinentes vorgeschobenen Punkte jedenfalls keine besondere Senkung jenes mysteriösen Inversionsniveaus stattfand.

Nun sind in den letzten Monaten wiederum im Innern eines großen Kontinentes Teisserencsche Instrumente aufgestiegen, und zwar diesmal von Aßmannschen Gummiballons getragen. Bei diesen von L. Rotch in St. Louis veranstalteten Aufstiegen ist am 25. Januar letzthin in 14800 *m* eine Temperatur von — 85.6° registriert worden, und zwar auch diesmal in einem Hochdruckgebiete.

Die Feststellung dieser Minimaltemperatur, die die bisher bekannte gleich um zwölf Grade übertrifft (an der Zuverlässigkeit der von Rotch selbst gemachten Angabe darf wohl nicht gezweifelt werden), bietet ganz besonderes Interesse, da in Nordamerika erst wenige Aufstiege gemacht worden sind, und nun gleich einer der ersten aus jenen Schichten Angaben herunterbringt, die in Europa, soviel das Material bekannt ist, bei Hunderten von Aufstiegen nicht gefunden worden sind. Dies deutet darauf hin, daß über dem nordamerikanischen Kontinente tatsächlich Verhältnisse der höhern Atmosphärenschichten vorliegen, die von den unserigen verschieden sind. So hebt sich offenbar jene Inversionsschicht dort ebenfalls in der Antizyklone, aber entschieden bis zu größern Höhen als bei uns. Das ist der unmittelbare Schluß, der aus jener so tiefen Minimaltemperatur auch ohne die Höhenangabe mit großer Wahrscheinlichkeit hätte gezogen werden können. Daß die allgemeinen atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse über den Vereinigten Staaten von den unserigen in wesentlichen Zügen abweichen, daß z. B. die Strömungen der obern Luftschichten dort viel weniger in Beziehung

stehen zu der Luftdruckverteilung am Erdboden als bei uns, ist eine in der Meteorologie schon wohlbekannte Tatsache, deren frühere Verkennung allerdings schon zu lebhaften Kontroversen zwischen amerikanischen und europäischen Meteorologen geführt hat.

Sehr tiefe Temperaturen in großen Höhen der Atmosphäre. R. Nimführ kommt bei Besprechung der internationalen Ballonaufstiege im März und April 1905 zu Wien auf die tiefen Temperaturen in großen Höhen zurück.[1]) Als tiefste Temperatur der freien Atmosphäre (bis etwa 15 *km* Höhe) galt bis vor kurzem der von Teisserenc de Bort bei den Ballonaufstiegen in Trappes am 5. Dezember 1901 gefundene Wert von rund 70° unter Null. Obwohl seither wieder eine recht beträchtliche Anzahl von Ballonfahrten ausgeführt wurde, hat man bei keiner derselben eine noch tiefere Temperatur vorgefunden. Trotzdem war es wenig wahrscheinlich, daß mit der Ziffer — 70° auch in der Tat schon die untere Grenze der Lufttemperaturen bis ca. 15 *km* Höhe gegeben sei. Es konnte vielmehr mit einiger Wahrscheinlichkeit vorausgesehen werden, daß man gelegentlich wohl noch auf weit tiefere Temperaturen stoßen werde. Die Ergebnisse der in Berlin ausgeführten täglichen Sondierungen der Atmosphäre mittels Drachen und Drachenballons haben gezeigt, daß die aperiodischen Temperaturschwankungen bis zu den höchsten noch erreichten Niveauflächen gelegentlich außerordentlich große Werte annehmen können. In der kältern Jahreszeit, namentlich im April, können in den Höhen von 2 *km*, 3 *km* und 4 *km* im Verlaufe von wenigen Tagen Temperaturschwankungen von 10 bis 15° vorkommen, während die gleichzeitig eintretenden unperiodischen Änderungen der Temperatur in den erdnahen Schichten und am Boden sehr klein bleiben oder ganz unmerklich sein können.

Wie ein vom Verf. aus den Berliner Drachenaufstiegen angeführtes Beispiel lehrt, können während eines Zeitraumes von bloß zwei Tagen, ohne daß die Wärme- und Druckverhältnisse an der Erdoberfläche eine wesentliche Änderung zeigen, Temperaturdifferenzen bis zu 16° in 4000 *m* Höhe auftreten, daher wird man nicht überrascht sein dürfen, gelegentlich auch noch weit größere Abweichungen von der normalen Temperatur in größern Höhen anzutreffen. „Setzten sich die Abweichungen im selben Sinne bis zu großen Höhen fort, so mußte man naturgemäß auch auf sehr wesentlich tiefere Temperaturen kommen, als man nach den bisherigen Erfahrungen im allgemeinen erwarten konnte. Zwei derartige Fälle traten hintereinander bei den internationalen Aufstiegen in Wien im März und April 1905 ein Die Aufstiegstage fielen zufälligerweise beide Male auf Termine, wo große Störungen des normalen Temperaturgefälles vorhanden waren, die sich im selben Sinne bis zu den

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 289.

größten erreichten Höhen fortsetzen und deshalb zu außergewöhnlich tiefen Temperaturen führten. Am 2. März wurde in einer Höhe von 9717 *m* eine Temperatur von — 85.4° registriert. Beim Aufstieg vom 4. April ergab sich für die Höhe von 11010 *m* die Temperatur — 79.6°. Es sind dies wohl die tiefsten Temperaturen, welche man bei Ballonfahrten über dem europäischen Kontinente bisher gefunden hat. Die durch den Registrierballon vom 2. März über Wien aufgezeichnete tiefste Temperatur ist nahezu gleich der von L. Rotch in St. Louis bei der Ballonfahrt vom Dezember 1905 erreichten Minimaltemperatur von — 85.6."

Rotch fand am 25. Januar bei einem von St. Louis aus veranstalteten Aufstiege die Minimaltemperatur von — 85.6° in 14800 *m* Höhe. In Wien wurden am 2. März — 85.4° in 9717 *m* registriert. Die Isotherme von — 85° lag also in Wien um mehr als 5000 *m* tiefer. Während die tiefsten Temperaturen bisher immer in einem Hochdruckgebiete gefunden wurden, fand der Wiener Aufstieg vom 2. März im Bereiche einer Depression statt, die sich von den Alpen bis zum ligurischen Meere erstreckte und das Wetter von ganz Mitteleuropa bis zur Nord- und Ostsee beherrschte. Über Mittel- und Südrußland lagerte seit 22. Februar ein stationäres intensives Hochdruckgebiet von 770 bis 775 *m*.

„Die Temperaturschichtung in der Vertikalen zeigt bei der Fahrt vom 2. März folgendes charakteristische Verhältnis. Es lassen sich, wie nachfolgende Zusammenstellung zeigt, fünf scharf getrennte Zonen unterscheiden. Die erste umfaßt die bodennahen Schichten und reicht bis 4000 *m*. Der mittlere Gradient ist mäßig groß, er beträgt — 0.50° pro 100 *m*. Die zweite Zone umfaßt die Luftsäule von 4000 bis 7000 *m*. Der Gradient ist in dieser Schicht ganz ungewöhnlich groß. Ein durchschnittlicher Gradient von — 1.44° auf eine Niveaudifferenz von 3000 *m* dürfte bisher vielleicht überhaupt noch nicht beobachtet worden sein. Zwischen 7000 und 8000 *m* tritt nun eine plötzliche starke Abschwächung des Gradienten ein, er sinkt von — 1.44° auf 1.05°. Der absolute Wert des Gradienten bleibt aber, wie man sieht, noch immer ungewöhnlich hoch. Über 8000 *m* beginnt ein neues Regime. Wir treten hier in die rätselhafte große Umkehrschicht ein, auf deren Existenz zuerst Teisserenc de Bort und Prof. Aßmann hinwiesen. In letzter Zeit hat auch Prof. Hergesell wieder neue Belege für die Realität dieser Inversionszone erbracht.[1]) Über 8000 *m* wird der mittlere Gradient rasch kleiner und kehrt schließlich sogar sein Vorzeichen um, so daß zwischen 8000 und 10 000 *m* der mittlere Gradient bloß mehr — 0.14° erreicht.

Höhenschichten *m*	Mittl. Gradient pro 100 *m*
Boden— 4000	—0.70
4000— 7000	—1.44
7000— 8000	—1.05
8000—10000	—0.14

Auch bei der Fahrt vom 4. April wurde die große Inversionszone noch erreicht; sie lag in einer Höhe von rund 11000 *m*. Betrachtet man die Tem-

[1]) Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre **1**, 2. Heft; H. Hergesell, „Neue Beobachtungen über die meteorologischen Verhältnisse der hohen wärmern Luftschicht".

peraturschichtung in der Vertikalen, so kann man deutlich vier scharf getrennte Zonen unterscheiden:

Höhenschichten *m*	Mittl. Gradient pro 100 *m*
Boden— 1500	—0.83
1500— 4000	—0.40
4000—11000	—0.91
11000—11365	0.00

In der bodennahen Schicht nimmt die Temperatur sehr rasch ab, dann kommt die Zone der Wolkenbildung mit dem mäßig großen Gradienten von — 0.40°. Zwischen 4000 bis 11000 *m* wird die Temperaturabnahme wieder ganz ungewöhnlich groß; sie erreicht nahezu den adiabatischen Wert. Über 11000 *m* treten wir ersichtlich in ein neues Regime ein. Die Temperaturabnahme wird sehr rasch kleiner und geht schließlich in völlige Isothermie über. Leider bricht knapp nach Erreichung der großen Inversionsschicht der Aufstieg ab."

Luftdruck.

Der tägliche Gang des Luftdruckes in Berlin ist von Prof. Dr. R. Börnstein untersucht worden.[1]) Das Material lieferten die zwanzigjährigen Aufzeichnungen (1884—1903) des an der Berliner landwirtschaftlichen Hochschule befindlichen Laufgewichtsbarographen. Die für den täglichen Gang des Luftdruckes erhaltenen Zahlen lassen die bekannten zwei Schwankungen verschiedener Größe erkennen, im Jahresmittel ein Hauptmaximum um 10^h a., Hauptminimum um 5^h p., zweites Maximum um 11^h p., zweites Minimum um 4^h a. Mit Eintritt der warmen Jahreszeit entfernen die Extreme sich von der Mittagszeit, um für die kältere Jahreshälfte von beiden Seiten wieder gegen Mittag hinzurücken. Auch das „dritte" Maximum, welches Rykatschew[2]) an vielen Orten der nördlichen gemäßigten Zone für die ersten Tagesstunden der Wintermonate nachwies, ist für die Monate November bis Februar wenigstens angedeutet und kann auch ohne Zeichnung aus den Differenzen der benachbarten Stundenwerte ersichtlich gemacht werden. Die Größe der Tagesschwankung (Differenz der Hauptextreme) liegt zwischen 0.57 (November) und 0.93 *mm* (Mai) und beträgt für Jahresdurchschnitt 0.64 *mm*. Der jährliche Gang des Luftdruckes hat, wie man auch sonst schon weiß, in Berlin recht große Schwankungen. Die Hauptextreme sind ein Maximum im November und ein Minimum im März; daneben finden sich Maxima im Januar, September und Juni, Minima im Oktober, Juli und Dezember. Die Hauptextreme der Monatsmittel haben einen Unterschied von 3.8 *mm*.

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 299.

[2]) Rykatschew, Rep. für Meteorologie. **6**. Nr. 10 (1879). Ausführliches Referat von J. Hann, Zeitschrift der österr. meteorol. Gesellschaft 1881. **16**. p. 41.

Zur genauern Untersuchung des täglichen Ganges wurde das von Lamont und andern Forschern sowie namentlich von Hann bereits angewendete Verfahren gewählt, welches den Luftdruck als Funktion der Tagesstunden durch eine Sinusreihe darstellt.

„Deutlicher vielleicht, als es in den Beobachtungsergebnissen einzelner Stationen bisher hervortrat, jedoch in voller Übereinstimmung mit den Arbeiten von Hann, sehen wir von den Konstanten des Luftdruckes die Amplitude a_1 der ganztägigen Schwankung sehr ähnlich wie die Lufttemperatur verlaufen, während die halbtägige Amplitude a_2 zweimal im Jahre schwankt und ihre Maxima zur Zeit der Nachtgleichen hat. Dabei ist a_3 nur in den Monaten Mai bis Juni größer, sonst erheblich kleiner als a_2. Die dritteltägige Schwankung hat eine Amplitude a_3 von durchschnittlich 0.037 *mm* (nach Hann[1]) zwischen 0.02 und 0.05 *mm*); ihr Hauptmaximum liegt im Winter, das zweite Maximum im Sommer, die Minima etwa zur Zeit der Nachtgleichen, und ungefähr mit dem Eintritte dieser Minima kehrt die Phasenzeit (A_3) sich um. Die Werte des halbtägigen Phasenwinkels A_2 schwanken nur wenig um einen im zweiten Quadranten liegenden Mittelwert.

Vergleicht man hiermit die harmonischen Konstituenten des täglichen Temperaturganges und ihre jährlichen Änderungen, so finden sich folgende Tatsachen:

Die Amplituden a_1 zeigen bei beiden Elementen sehr ähnlichen Gang, Maximum (respektive Hauptmaximum) im Sommer, Minimum im Winter.

Auch die Amplituden a_2 haben nahezu gleichzeitige Extreme, nämlich Maxima zur Zeit der Nachtgleichen und das Hauptminimum im Winter. Während aber beim Luftdrucke der Wert von a_2 nur von Mai bis Juli kleiner, sonst erheblich größer und im Jahresmittel sogar doppelt so groß ist wie a_1, ist bei der Temperatur durchgängig a_2 viel kleiner und beträgt im Jahresmittel nur etwa ein Sechstel von a_1.

Bei a_3 ist bemerkenswert, daß in der warmen Jahreszeit das Hauptmaximum für Temperatur mit dem sekundären Maximum für Druck zusammenfällt, und auch bei a_4 ist ähnliches zu finden.

Von den Phasenzeiten zeigt A_1 für Temperatur und A_2 für Druck sehr geringe Jahresschwankungen, wie bereits bekannt, während die ganztägige Druckschwankung und die halbtägige Temperaturschwankung im Sommer früher als im Winter auftreten. Die beiden Kurven für A_3 verlaufen recht gleichartig, die dritteltägige Schwankung tritt nämlich in den meisten Monaten für Temperatur etwa drei Stunden später als für Druck auf.

Eine physikalische Deutung aller dieser Einzelheiten zu suchen, dürfte verfrüht sein, solange wir noch gar nicht zu beurteilen vermögen, welche der genannten Besonderheiten örtlicher Natur sind,

---

[1]) Hann, Meteorol. Zeitschr. 1898. **15**. p. 385.

und welchen ein allgemeiner Charakter zukommt. Erst die Feststellung der entsprechenden Beobachtungstatsachen aus andern, durch Lage und Klima recht verschiedenen Orten wird hierüber Aufschluß gewähren können, und namentlich in betreff der drittel- und vierteltägigen Schwankungen muß die Beibringung weitern Erfahrungsmateriales abgewartet werden."

Wolken und Niederschläge.

Wolkenbeobachtungen auf dem Pic du Midi.[1]) Das Observatorium liegt in 2860 *m* Seehöhe, also 17 *m* unter dem höchsten Punkte dieses Berges, es ist für astronomische und meteorologische Beobachtungen ausgerüstet. Die Wolkenbeobachtungen sind von Marchand teils selbst ausgeführt, teils veranlaßt. Dabei wurden die Wolkenformen und ihre Verteilung auf Karten durch konventionelle Zeichen niedergelegt, auch gelegentlich photographisch das Aussehen der Wolken dargestellt. Behufs Höhenbestimmung der Wolken wurden in Bagnères von Dost und auf dem Gipfel von Ginet und Latreille die notwendigen Messungen ausgeführt. Aus den Ergebnissen ist hier folgendes hervorzuheben.[2])

Die Cumulo-stratus, Strato-cumulus oder die untern Cumulo-nimbus bilden sich nördlich der Pyrenäenkette in Höhen von 700 und 1200 *m* hinauf und reichen bis 1600 bis 2000 *m*. Ihre mittlere Mächtigkeit ist 900 *m*.

Die Geschwindigkeit des Wolkenzuges betrug am 13. August 1900 in einer Höhe von 1750 *m* nur 1 *m*/Sec. bei SSE; den 3. März 1903 zu Mittag in der Höhe von 1250 *m* bei NW an 68 *m*/Sec. Der erstere Tag entsprach einem den größten Teil Frankreichs bedeckenden barometrischen Maximum; der zweite Tag einem heftigen Umwetter.

Für die Wolkengeschwindigkeiten wurden folgende Mittelwerte gefunden:

1. Für die häufigern Strato-cumulus mit unterer Begrenzungsfläche zwischen 900 und 1200 *m*: Im Winter 24 *m*/Sec., im Frühlinge 22 *m*/Sec., im Sommer 8 *m*/Sec., im Herbste 10 *m*/Sec.

2. Für die seltenern Strato-cumulus oder Cumulo-stratus mit unterer Begrenzungsfläche zwischen 1400 und 1800 *m*: Im Winter 18 *m*/Sec., im Frühlinge 12 *m*/Sec., im Sommer 9 *m*/Sec., im Herbste 11 *m*/Sec.

Liegt die Temperatur der Wolken über 0^{0}, so bestehen dieselben aus mikroskopisch kleinen Wassertröpfchen von sehr verschiedenem Durchmesser. Bildet die Wolke Nebel, der nicht benetzt, so sind die Tröpfchen außerordentlich fein und für das unbewaffnete Auge fast unsichtbar. Die Lichtkränze, die infolge solcher Nebel entstehen, sind sehr lebhaft gefärbt.

Bei reichlicherer Kondensation mischen sich den feinen Tröpfchen solche von 0.3 bis 0.5 *mm* Durchmesser bei, welche zu dem sogenannten Nebelreißen Veranlassung geben. Wenn die Tropfen noch weiter wachsen, geht das Nebelreißen in Regen über.

Das Innere einer solchen Wolke zeigt stets ein starkes elektrisches Feld, welches auf dem Gipfel des Pic bis zu 5000 Volt zwischen dem Erdboden und einem Punkte in 0.5 *m* über demselben ansteigen kann, bei heiterm Himmel

[1]) La Nature Nr. 1640.

[2]) Dreizehnter Jahresber. des Sonnblick-Vereins 1904 p. 9.

aber 300 Volt beträgt. Messungen in der Höhe von 2360 *m* zeigen, daß die Intensität des Feldes beim Eindringen in die Wolke rasch ansteigt.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist im Innern der Wolken oft geringer als 1° auf 350 *m*, oberhalb und unterhalb erreicht sie 1° auf 120 bis 130 *m*, steigt aber oft über der obern Fläche der Wolke während 100 bis 150 *m*, um dann schneller mit der Höhe zu fallen. Diese Temperaturumkehr ist wahrscheinlich der Sonnenstrahlung und der Wirkung einer obern allgemeinen Luftströmung aus S. oder SW. zuzuschreiben.

Liegt die Temperatur der gesamten Wolken unter 0°, so enthält sie keine Wassertropfen, sondern besteht nur aus kleinern Eiskörnern, von kristallinischem Ansehen, deren Durchmesser 0.05 *mm* nicht überschreitet, mit beigemischten größern Körnchen, feinen Eisnadeln, Eisschuppen, Eisblättchen oder sternförmigen Kristallen. Im Aussehen gleichen diese Wolken denen, welche aus Wassertröpfchen bestehen, und erzeugen Lichtkränze und Gegensonnen wie diese, aber niemals Halos. Dadurch unterscheiden sie sich von den Cirren, welche vor allem zur Bildung von Halos und Nebensonnen Veranlassung geben.

Die aus Eispartikeln bestehenden Wolken erzeugen einen leichten, wenig kompakten Reif.

Im Innern solcher Eiswolken ist die Intensität des elektrischen Feldes größer als in den wässerigen Wolken, und die Temperaturabnahme mit der Höhe sehr gering. Unter denselben kann feiner Regen oder Schnee in Gestalt sehr kleiner Flocken fallen, auch können die Eiskörnchen schmelzen und die Wassertröpfchen in der Schicht unter der Wolke verdampfen.

Die Bildung von untern Wolkenschichten im Norden der Kette der Pyrenäen vollzieht sich am häufigsten in Luftströmungen aus NW. bis NO. welche die Pyrenäen zu überschreiten suchen.

Hat dieser Luftstrom geringe Geschwindigkeit und wenig Mächtigkeit, so steigt er langsam an den ersten Hängen des Massivs der Pyrenäen empor. Es bilden sich hier und da kleine Wolkenflocken im obern Teile des Luftstromes, sie nehmen an Größe zu, wandeln sich in Cumulus um, bleiben manchmal getrennt, vereinigen sich aber meist in eine zusammenhängende Schicht, welche häufig die Kette der Pyrenäen mit einem langen Wolkenbande umsäumt, jenseits welcher man, vom Pic aus, die entfernten Ebenen völlig wolkenfrei sieht.

Seltener sieht man vom Pic, daß der NW.-Luftstrom bereits in großer Entfernung auf der Ebene eine vollständig ausgebildete Wolkenschicht mit sich führt. Sobald er die Hochebenen der Unterpyrenäen erreicht hat, verdichten sich die Cumuli sehr schnell und bilden eine bis zur Grenze des N.-Horizontes reichende Wolkenmasse.

Meist weht über dem N.-Wind eine allgemeine aus S. kommende Luftströmung, welche die Kondensation im erstern Strome in einer Fläche aufhält, die nicht eben ist und den Cumulus von oben gesehen ein hügeliges Ansehen verleiht.

Die durch das Aufsteigen des feuchten Luftstromes herbeigeführte Kondensation des Wasserdampfes zu Tropfen erfordert in der Atmosphäre die Anwesenheit von mineralischem oder organischem Staube, der auch stets vorhanden ist. Vom Pic aus konnte oft beobachtet werden, daß die Bildung von Strato-cumulus durch ausgedehnte Anwesenheit von emporgestiegenem Rauche oder einer Art trockenem Nebel (aus Staub) in 1500, 2000, 2500 *m*, selbst in 3000 *m* Höhe sehr erleichtert wird.

Die aus N. kommenden, durch die gewaltigen Einschnitte in der Umgebung des Pic getriebenen Strato-cumuli ziehen sich in denselben ähnlich mächtigen Rauchsäulen aus, steigen zu großen Höhen auf und werden von dem obern SW.-Winde wieder gegen die Ebene zurückgetrieben. Häufig werden auch Wolken auf dem Südabhange der Pyrenäen durch einen aufsteigenden SW.-Wind gebildet. Dieselben bedecken oft durch mehrere Tage nacheinander

die Gipfel und den Kamm der hohen Kette, ohne die Grenze zu überschreiten, an welcher der Luftstrom sich zu senken beginnt. Die obere Fläche der Wolken wird dabei zu Fahnen ausgezogen, welche zwar den Cirrus ähnlich, aber doch nicht mit denselben identisch sind.

Bei Nebelmeeren, welche häufig vom Pic aus gesehen werden, ist die untere Fläche in der Regel fast horizontal. Nur selten erhebt sich dieselbe von der Ebene gegen den Kamm hin. Die Kondensation tritt in dem mit mäßiger Geschwindigkeit ansteigenden Luftstrome in weiter Ausdehnung in der gleichen Höhe ein. Es kommt vor, daß Nebelmeere, die nördlich vom Pic gesehen wurden, nicht von einem ansteigenden Luftstrome herrühren, sondern fertig gebildet aus der Ferne kommen.

Die Höhen der Cirrus und Cirro-stratus wurden zu 4000 bis 17 000 *m* gefunden.

Für die verschiedenen Jahreszeiten fand sich als Mittel:

	Höhe	Geschwindigkeit pr. Sek.
Winter	6880 *m*	24 *m*
Frühling	7360	29
Sommer	8230	31
Herbst	7940	36

In der Höhe von 12 000 *m* wurden Geschwindigkeiten bis zu 80 *m*/Sec. beobachtet. Geschwindigkeiten von 50 *m*/Sec. sind sehr häufig. In einem einzigen Falle wurden nur 6 *m*/Sec. gefunden.

Die Herkunft des Regens. Die Feuchtigkeit der Atmosphäre über den Festländern, welche sich von Zeit zu Zeit als Regen niederschlägt, stammt, der herrschenden Ansicht gemäß, vom Meere, dem sie durch Verdunstung entstiegen ist. Dieser Anschauung ist vor einigen Jahren Prof. Brückner entgegengetreten. Seine bezüglichen Ansichten und weitern Folgerungen hat er in einem Vortrage im Institute für Meereskunde in Berlin am 3. Juni 1905 vorgetragen.[1]) Die gesamte Wassermasse der Ozeane wird auf 1279 Millionen Kubikmeter ($= ^1/_{847}$ des Volumens der Erde) geschätzt. Was die Verdunstung des Meerwassers anbelangt, so findet Brückner dafür unter den verschiedenen Breiten folgende Zahlen pro Jahr:

Breite	Verdunstung	Breite	Verdunstung	Breite	Verdunstung
0—10°	160 *cm*	30—40°	100 *cm*	60—70°	20 *cm*
10—20	150 „	40—50	70 „	70—80	10 „
20—30	130 „	50—60	40 „	90—100	5 „

Natürlich sind diese Zahlen nur näherungsweise. Auf Grund derselben berechnet Brückner die gesamte jährliche Verdunstung des Meerwassers zu 386 000 *cbkm* gleich einem Kubus von 73 *km* Seitenlänge. Im ganzen verdunsten 86% der gesamten Verdunstungsmenge zwischen 40° nördl. und 40° südl. Br. Die Ausscheidung des atmosphärischen Wasserdampfes findet hauptsächlich in zwei großen Gebieten statt. Das erste liegt in der Nähe des Äquators in der Kalmenzone und ihrer Nachbarschaft. „Es bildet einen ausgedehnten Gürtel zwischen der Zone des Nordostpassates und der des Südostpassates. Die Passate bringen fortwährend Luftmassen

[1]) Potoniés Wochenschrift 1905. Nr. 26.

aus höhern Breiten heran, die dann in der Kalmenzone aufsteigen. Beim Aufsteigen dehnen sie sich aus und kühlen sich daher ab. So kommt es zu gewaltigen Kondensationen, und mächtige Regen ergießen sich unter Gewittererscheinungen aus den Wolken herab ins Meer. In den Passatzonen sind die Regen weit spärlicher, weil die Luft sich hier, ohne aufzusteigen, aus kühlern in wärmere Gegenden bewegt, sich daher erwärmt, so relativ trockener und durstiger wird. Die starke Verdunstung der Passatregionen speist so in erster Reihe die Regen der Kalmenzone.

Als zweites Gebiet, wo ausgedehnte und stärkere Niederschläge erfolgen, wenn auch nicht so starke wie in der Kalmenzone, treten uns die höhern Breiten der Meere, etwa von 30 oder 35° polwärts, entgegen. Hier ist der Schauplatz gewaltiger Luftwirbel, die über die Erdoberfläche dahinziehen. Es sind Wirbel von der Art derjenigen, die auch das Wetter auf den Landflächen der mittlern und höhern Breiten bestimmen, barometrische Minima, Depressionen oder Zyklonen genannt. In diesen Wirbeln, die sich durch niedrigen Luftdruck auszeichnen, steigt die Luft, die von allen Seiten herangesogen wird, auf weiten Gebieten ebenfalls empor; so kommt es auch hier zu Wolken- und Regenbildung.

So wird in der Kalmenregion und in den höhern Breiten polwärts von 30 oder 35° dem Ozeane direkt durch Regen ins Meer hinein ein gut Teil des Wassers wieder zurückgegeben, das durch Verdunstung dem Ozeane entnommen worden war. Das ist der kleinste Kreislauf der Wassers.

Ein gewisser Teil des durch Verdunstung vom Meere in die Atmosphäre gelangten Wasserdampfes aber tritt im Winde aufs Land über und fällt erst hier als Regen oder Schnee nieder. Die Veranlassung zur Ausscheidung bietet auch hier wieder die aufsteigende Bewegung der Luft in Zyklonen, dann aber auch die Anwesenheit von Gebirgen. Die Luft, die im Winde auf diese zugetragen wird, muß an ihnen emporsteigen und entledigt sich dabei ihres Wasserdampfes; daher der Regenreichtum der Gebirge. Nicht alle Küsten sind Eintrittstore für ozeanischen Wasserdampf. Wo der Wind ständig vom Lande gegen das Meer hinweht, vermag Wasserdampf nicht vom Meere ins Land einzudringen. Als Eintrittstore erscheinen daher besonders Küsten, die von Winden getroffen werden, welche vom Meere her wehen, wie jede Regenkarte der Erde uns zeigt. Als solche stellen sich uns zunächst die Passatküsten an der Ostseite der Kontinente dar, so die Ostküste des tropischen Südamerika und des tropischen Afrika, ferner die Monsunküsten. An letztern wechselt zwar der Wind mit der Jahreszeit; allein in der warmen Jahreszeit, wo die Luft gerade viel Wasserdampf zu enthalten vermag, weht er vom Meere gegen das Land, so in Vorder- und Hinterindien, in China, an der Golfküste der Vereinigten Staaten, an deren atlantischer Küste. In höhern Breiten endlich, wo ja

überhaupt die Westwinde dominieren, sind es die Westküsten der Kontinente, die als Eintrittstore funktionieren."

Die dem Festlande zuteil werdende Regenmenge kann nicht einfach aus der Regenhöhe an den Beobachtungsstationen erschlossen werden, denn die auf dem Lande fallenden Regen werden nicht nur von den auf dem Meere verdunsteten Wasserdämpfen, sondern auch von den auf dem Lande durch Verdunstung der Seen und Flüsse, vor allem aber auch der Wälder und Wiesen in die Atmosphäre gelangenden Dampfmengen gespeist. Es ist daher jedenfalls die gesamte Regenmenge der Landflächen größer als die vom Ozeane dem Lande gelieferte Dampfmenge. Folgende Erwägung gestattet nach Brückner, die letztere annähernd zu bestimmen. „Jahr für Jahr gibt der Ozean Wasser in Dampfform der Luft ab, Jahr für Jahr tritt Wasserdampf vom Ozeane aufs Land über. Trotzdem mindert sich die Wassermenge des Ozeanes nicht; denn an den Küsten bleibt, so weit nicht Hebungen oder Senkungen derselben auftreten, der Wasserstand des Meeres konstant. Es muß also jene Wassermenge, die als Dampf aufs Land übertritt und hier als Regen niederfällt, Jahr für Jahr vollständig zum Meere zurückkehren. Das geschieht im wesentlichen in den Flüssen; geringe Quantitäten mögen auch in der Atmosphäre vom Lande aufs Meer übertreten; doch spielt dieser Vorgang den Flüssen gegenüber wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle. Wir dürfen daher mit großer Annäherung die jährlich vom Ozeane auf das Land übertretende Dampfmenge gleich der jährlichen Wassermenge aller dem Meere zuströmenden Flüsse setzen, obwohl sie, genau genommen, nur die Differenz zwischen der Wasserdampfmenge, die vom Meere auf das Land übertritt, und der vom Lande auf das Meer übertretenden darstellt.

Mehr oder minder genaue Messungen der Wassermenge liegen für viele Ströme vor. Auf Grund dieser Messungen hat Sir John Murray die jährlich durch die Flüsse dem Ozeane zugeführte Wassermenge auf 25000 *ckm* geschätzt. Ebenso groß muß also auch die jährlich vom Ozeane aufs Land übertretende Wasserdampfmenge (nach Abzug der durch die Atmosphäre vom Lande zum Ozeane zurückkehrenden) sein, wenig im Vergleiche zur großen Verdunstung vom Meere, nur 7% derselben. Eine Wassermenge gleich 93% der vom Ozeane jährlich verdampften fällt also direkt wieder als Regen in den Ozean zurück."

Brückner findet ferner, daß für die peripherischen Landflächen (114 Millionen *qkm*) $^3/_4$ des ganzen Regenfalles durch die eigene Verdunstung des Landes gedeckt werden.

„Nach dem verschiedenen Verhältnisse von Verdunstung und Regenfall zueinander," sagt er, „lassen sich auf der Erde drei große Gebiete unterscheiden:

1. Die Gesamtheit der Weltmeere. Hier ist stets Wasser zur Verdunstung vorhanden, die Verdunstung ist groß, und der Nieder-

schlag etwas kleiner als die Verdunstung. Unebenheiten, welche die Kondensation befördern würden, fehlen. Zur Kondensation kommt es ausschließlich durch ein spontanes, d. h. nicht durch Formen des Erdbodens verursachtes Emporsteigen der Luft (Kalmenzone, Zyklonen höherer Breiten). Wasserdampf wird, wenn auch in geringer Menge (7%), an das Land abgegeben.

2. Die peripherischen Gebiete der Landflächen. Die Verdunstung ist hier kleiner, weil nicht überall Wasser zur Verdunstung bereit liegt, diese sich vielmehr vorwiegend durch die Vegetation vollzieht. Der Regenfall ist zwar auch kleiner als auf dem Weltmeere, aber merklich größer als die Verdunstung. Befördert wird die Kondensation durch die Anwesenheit von Gebirgen, die zu aufsteigenden Luftbewegungen Veranlassung geben. Die Differenz zwischen der Verdunstung und dem Regenfalle wird durch Zufuhr von Wasserdampf vom Ozeane gedeckt. Diese ozeanische Wasserdampfmenge bildet das Betriebskapital, das auf dem Lande mehrmals umgesetzt wird.

3. Die abflußlosen Gebiete des Landes. Hier ist die Verdunstung sehr klein, da trockene, vegetationslose Flächen vorherrschen. Wenn Wasserdampf vom Ozeane hierher gelangt, so wird doch ebenso viel durch die Atmosphäre wieder hinausgeschafft. Der Regenfall ist klein und ebenso groß wie die Verdunstung, so daß er ganz von der letztern aufgezehrt wird.

Der mittlere Regenfall der ganzen Erde ergibt sich zu 95 *cm*; ebenso groß ist die mittlere Verdunstung. Die jährliche Regenmenge wie die jährliche Verdunstung belaufen sich auf je 483000 *ckm*. Die Verdunstung von den Landflächen der Erde trägt dazu ein volles Fünftel bei."

Aus einer Zusammenstellung vieljähriger Mittelwerte findet Brückner ferner, daß überall der Regenfall von einem Minimum in den 30 er Jahren zu einem Maximum stieg, das in den vorliegenden Reihen genau übereinstimmend auf das Jahr 1847/48 (Mittel der zehn Jahre 1842—1852) fällt, um dann zu einem Minimum in den 60 er Jahren abzufallen und hierauf bis zu Beginn der 80 er Jahre wieder zu steigen. Seitdem ist überall ganz deutlich eine Abnahme der Niederschläge erfolgt, ganz wie er das 1891 vorausgesehen hatte. Wir befinden uns jetzt in einer Trockenzeit."

Endlich schätzt Brückner die Menge der gesamten Niederschläge zur Zeit des Minimums auf 100 000, zur Zeit des Maximums auf 125 000 *ckm*, die Dampfzufuhr vom Ozeane schwankt dabei sicher um weit weniger.

Über den Verlauf des Regens hat W. Gallenkamp Untersuchungen angestellt.[1]) Er betont, daß die üblichen automatischen Regenmesser Einzelheiten im Verlauf eines Regens z. B. Nachlaß oder Ver-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 1.

stärkung während der Bruchteile der Minute gar nicht erkennen lassen. Er hat nun, um dies zu erreichen, einen Apparat konstruiert, dessen Prinzip auf der Zählung der vom Ausflußrohre des Auffangtrichters abtropfenden Wassertropfen beruht. Fällt mehr Regen, so folgen sich diese Tropfen rascher, fällt weniger, langsamer. Werden also die in einer Zeiteinheit abfallenden Tropfen registriert, so liefern die entstehenden Aufzeichnungen ein bis ins kleinste genaues Bild vom Verlaufe eines Regens. Da die abfallenden Tropfen genau der im Auffangtrichter gesammelten Regenmenge entsprechen, und bei gegebenem Abtropfrohre jeder Tropfen einem bestimmten Gewichte oder Volumen entspricht, so braucht man nur die Zahl der Tropfen zu summieren, um die Gesamtmenge des gefallenen Regens zu erhalten.

Auf Grund seiner Aufzeichnungen einer Anzahl von Regenfällen kommt Verf. zu dem Ergebnisse, daß ein solcher Regenguß durchaus nicht gleichförmig vor sich geht, daß vielmehr jeder derselben ein ganz ausgesprochenes periodisches Auf- und Abschwanken zeigt. In vielen, ja den meisten Fällen setzt der Regen ein mit einem kurzen und geringfügigen Schauer, dem ein ebenso kurzes Wiedernachlassen folgt, worauf dann erst der eigentliche Hauptguß eintritt, welchem dann nach abermaligem Nachlassen wieder ein erneuter, aber schwächerer Guß folgt. Unter Umständen wiederholt sich dies unter stetigem Schwächerwerden noch ein oder einige Male. Diese Erscheinung, sagt er, erinnert so augenfällig an allmählich verklingende Wellenbewegungen, daß wir gar nicht umhin können, diese kurz dauernden Regen als das Resultat von periodischen Luftwellen auszusprechen. In der Tat hat Helmholtz bereits die Vermutung geäußert, daß derartige Regenschauer das Ergebnis von sich in der Brandung überstürzenden Luftwellen oder -wirbeln seien.

Die relative Regenarmut der deutschen Flachküsten hat Prof. Dr. Hellmann untersucht.[1]) Der große Einfluß, den das Meer als Wasserdampfspender auf die Bildung der atmosphärischen Niederschläge über dem Festlande ausübt, hat es immer als selbstverständlich erscheinen lassen, daß die Regenmenge von der Küste nach dem Innern des Landes hin abnehmen muß. Ja, es ist geradezu eine landläufige Vorstellung geworden und wird überall als Grundsatz ausgesprochen, daß Küstenstriche regenreicher sind als das anstoßende Binnenland. Diese Anschauung fand ihre Stütze in den Regenkarten der ganzen Erde oder einzelner Erdteile, die bis jetzt nur auf Grund unzureichenden Beobachtungsmateriales in kleinem Maßstabe entworfen werden konnten, und die deshalb bloß die allgemeinsten Grundzüge der räumlichen Verteilung der Nieder-

[1]) Sitzber. der Kgl. Preuß. Akademie der Wiss. 1904, p. 54.

schlagsmengen wiederzugeben vermögen. Dazu kommt, daß gerade die regenreichsten Gebiete der Erde am Meere liegen, nämlich da, wo sich hohe Steilküsten den vom Meere kommenden Regenwinden entgegenstellen.

Erst seit dem Bestehen besonderer und dichter Netze von Regenstationen ist man in der Lage, wenigstens für kleinere Erdräume die wahre Regenverteilung genauer darzustellen. Dabei hat sich nun ergeben, daß jener Grundsatz nicht allgemein richtig ist, daß er sich sogar ins Gegenteil umkehren kann: es gibt Küstengebiete, die weniger Niederschläge erhalten als das unmittelbar anstoßende Flachland.

Bei der Konstruktion der Regenkarten für die preußischen Provinzen hat Hellmann nämlich die Wahrnehmung gemacht, daß der größte Teil der deutschen Flachküsten relativ regenarm ist, d. h. daß die Jahresmenge des Niederschlages von der Küste nach dem binnenländischen Flachlande hin zunächst zunimmt. Ein solcher Befund wäre bei einem Küstengebiete, das landeinwärts erheblich ansteigt — wie z. B. in Hinterpommern — ganz selbstverständlich, weil das Aufsteigen feuchter Luftmassen die aus ihnen herausfallende Regenmenge steigert. In einer bis ans Meer reichenden Niederungslandschaft ist er etwas Besonderes.

Zur Feststellung der Tatsachen dienten gleichzeitige zehnjährige Regenmessungen von rund 200 Stationen, die längs der deutschen Küste ziemlich gleichmäßig verteilt sind.

Aus der kartographischen Darstellung der so gewonnenen Beobachtungsergebnisse ersieht man nun ohne weiteres, daß der weitaus größte Teil der deutschen Flachküsten relativ regenarm ist, da diese eine kleinere Jahresmenge des Regenfalles aufweisen als das unmittelbar angrenzende Tiefland. Der numerische Betrag des Unterschiedes schwankt zwischen 10 *mm* und 60 *mm*, also etwa zwischen 1½ und 10% der Jahresmenge.

Es ergibt sich, daß, sowie die Küste den Charakter der eigentlichen Flachküste verliert und etwas steiler ansteigt, die Regenarmut auch sogleich aufhört. So z. B. auf der Ostseite von Rügen, auf Usedom und Wollin, an der hinterpommerschen Küste, wo es Dünen bis zu 56 *m* Höhe gibt, in Samland, dessen Küsten noch am ehesten den Namen einer Steilküste verdienen, sowie auf der Kurischen Nehrung, deren hohe Dünen bis zu 62 *m* ansteigen.

„Hiernach," sagt Hellmann, „lag es nahe, zu untersuchen, ob nicht auch die Flachküsten der Nachbarländer ähnliche Verhältnisse aufweisen, und da zeigte sich in der Tat, daß jene Eigentümlichkeit keineswegs auf die deutschen Küsten beschränkt bleibt.

Solche relativ regenarmen Küstenstriche finden sich mehrfach in den russischen Ostseeprovinzen bis in die Gegend von Hapsal, auf Jütland und namentlich auf den Inseln des Kattegats und des Großen Belts (Laesoe, Hesseloe, Samsoe, Langeland), ferner an ver-

schiedenen Punkten der holländischen und belgischen Küste, hier bis gegen Dünkirchen, und an der Westküste Frankreichs bei der Girondemündung. Ungewöhnlich trocken ist auch die ganze Flachküste des Golfes du Lion von Perpignan bis zum Rhonedelta.

Man hat es also mit keiner ganz lokalen, sondern mit einer etwas allgemeinern Erscheinung zu tun."

Zur Ergründung ihrer Ursachen schien es Hellmann zweckmäßig, zunächst zu untersuchen, ob die Unterschiede im Ausmaße des Regenfalles an der Küste und landeinwärts, wie sie die Jahresmengen anzeigen, auch in allen Jahreszeiten bestehen. Zu dem Ende entwarf er von der hierfür am geeignetsten Provinz Schleswig-Holstein auf Grund gleichzeitiger dreizehnjähriger Beobachtungen Monatskarten der Niederschlagsverteilung. Wenn auch diese Monatskarten wegen der großen Schwankungen des Regenfalles von Jahr zu Jahr noch kein so zuverlässiges Bild geben können, wie Jahreskarten aus demselben Zeitraume, so eignen sie sich doch sehr gut zum Vergleiche benachbarter Orte und zur Beurteilung relativer Verhältnisse.

Für die in Rede stehenden Fragen lehren nun die Monatskarten folgendes:

„In den Monaten der kalten Jahreshälfte (Oktober bis März) sind die Unterschiede der monatlichen Regenmengen zwischen den Küsten- und den benachbarten Binnenstationen sehr klein, bald in dem einen, bald in dem andern Sinne, je nach der besondern Lage der Orte. Dagegen tritt in den Monaten der warmen Jahreshälfte die relative Regenarmut der Küste scharf hervor, so zwar, daß im Juli, August und September die Unterschiede am größten werden. Die binnenländischen Stationen erhalten dann erheblich mehr Regen als die Stationen an der Küste."

„Dieser Befund", sagt Hellmann, „steht mit unsern Anschauungen über die Bildung der atmosphärischen Niederschläge in guter Übereinstimmung.

Wir wissen nämlich, daß eine ergiebige Kondensation des Wasserdampfes nur dann stattfinden kann, wenn feuchte Luftmassen zum Aufsteigen gezwungen werden und sich infolgedessen ausdehnen und abkühlen. Solche aufsteigenden Luftströme kommen aber in unsern Breiten nur in Luftwirbeln vor. Von diesen gibt es zwei Gattungen.

Die einen sind die großen Depressionen, die sich aus der allgemeinen Luftzirkulation ergeben und meist von dem Meere her fertig gebildet an unsere Küsten herankommen. Sie treten zu allen Jahreszeiten auf, hauptsächlich aber in der kalten, und bringen uns die sogenannten Landregen, die sich über weite Landgebiete ausbreiten und zugleich den Hauptbestandteil der Jahresmenge des Regenfalles von ganz Mittel- und Nordeuropa ausmachen. Diese Tiefdruckgebilde liefern um so reichlichere Niederschläge, je flacher und stationärer sie sind.

Die im Luv gelegenen Küstengebiete erhalten von dieser Art von Regen einen relativ größern Anteil als das anstoßende flache Binnenland. Wo aber das Terrain ansteigt, wird gerade bei diesen Regenfällen die Menge erheblich gesteigert.

Die andern Luftwirbel sind klein und lokaler Natur. Sie entstehen zumeist bei uns selbst infolge örtlicher Temperaturverschiedenheiten, die sich im Sommer auf dem Festlande leicht ausbilden können, und sind infolge des hohen Wasserdampfgehaltes der Luft von ergiebigen Niederschlägen, oft in der Form von Gewitterregen, begleitet.

Der zur Kondensation nötige Wasserdampf würde auch an der Küste reichlich vorhanden sein, aber es fehlen hier die Grundbedingungen für die Entstehung kleiner Luftwirbel und aufsteigender Luftbewegung. Exzessive Temperaturen können sich örtlich nicht ausbilden, da das bewegliche Wasser und der nur selten fehlende Seewind etwaige Ungleichheiten sofort wieder auszugleichen streben.

Diese Art von Regen kommt also wesentlich dem Binnenlande im Sommer zugute, und ihre geringere Häufigkeit an den Küsten ist es hauptsächlich, welche die gesamte Jahresmenge des Niederschlages an den Flachküsten kleiner ausfallen läßt als im anstoßenden Binnenlande.“

Hellmann zeigt aus den vieljährigen Beobachtungen zu Westerland und Keitum, von denen die erstgenannte Station am Westrande, die andere am Ostrande der Insel Sylt liegt, daß die Abnahme der Landregen von der Luvseite landeinwärts zu auf eine so geringe Entfernung hin bereits große Werte erreicht. „Wir müssen daraus schließen“, sagt er, „daß der Übergang der Depressionen vom Meere auf das Festland die Kondensation des Wasserdampfes außerordentlich begünstigt. Der Vorgang dürfte folgender sein: Beim Übergange vom Meere auf das Land, und sei es auch noch so niedrig, erleiden die untersten Luftströmungen wegen der vermehrten Reibung eine Verzögerung. Infolgedessen werden die nachdrängenden untern Schichten in die Höhe gehoben und somit der Auftrieb vermehrt. Zieht dann der Wirbel über ebenes Land weiter, so fällt diese Verstärkung der Ursache zur Kondensationsbildung fort, und erst, wenn durch orographische Hindernisse das ganze System zum energischen Aufsteigen gezwungen wird, tritt wieder eine wesentliche Steigerung der Niederschlagsbildung ein.“

Schließlich zieht Hellmann aus dem Verhalten der eigentlichen Sommerregen den wichtigen Schluß, daß ein großer Teil des Wasserdampfes, der bei diesen sommerlichen Regenfällen zur Kondensation gelangt, nicht unmittelbar ozeanischen Ursprunges sein kann, sondern vom Festlande selbst durch Verdunstung geliefert werden muß. Bekanntlich sind Woeikow, Supan und Brückner auf ganz andern Wegen zu einem ähnlichen Ergebnisse bezüglich der Herkunft der kontinentalen Sommerregen gelangt.

Die Entstehung des Hagels behandelte L. Kronich[1]) in einer größern Abhandlung.

Er wirft zunächst einen kurzen Blick auf die herrschenden Hypothesen über die Hagelbildung. „Ein Teil der Theorien", sagt er, „sucht die Erscheinung aus der Mischung sehr kalter, höherer Luftschichten mit feuchten, tiefern Schichten zu erklären, andere nehmen an, der Hagel verdanke seine Entstehung der überaus raschen Verdunstung der flüssigen Wolkenteile. Die Unhaltbarkeit der ersterwähnten Theorien wurde bald erwiesen, als man einen bessern Einblick in die Vorgänge, welche sich in den höhern Luftschichten abspielen, gewann. Die Kenntnis der vertikalen Temperaturverteilung, der dynamischen Temperaturänderungen vertikal bewegter Luftmassen veränderte manche ältere Ansicht über die Erscheinungen in der Atmosphäre; so mußte auch die ersterwähnte Theorie der Hagelbildung neuern Ansichten bald weichen.

Die zweite, sogenannte Voltasche Auffassung erfreute sich einer größern Wahrscheinlichkeit. Nach derselben wäre die zur Hagelbildung notwendige große Temperaturerniedrigung eine Folge der überaus raschen Verdampfung von Wolkenpartien, wobei auch der Elektrizität eine wichtige Rolle zufällt.

Prof. Marangoni gibt in einer Arbeit über Hagelbildung eine treffende Beschreibung eines Hagelwetters, aus welcher unmittelbar eine Theorie der Hagelbildung folgt. Der Inhalt dieser Beschreibung ist kurz folgender: An schwülen Sommertagen, wenn die dampfreiche Luft auffallend ruhig, fast gänzlich unbewegt ist, sehen wir übereinandergetürmte, dunkle, schwere Wolken drohend gegen den Zenit stürmen. Über ihren Köpfen bemerken wir Wolkenfasern, welche sich von den mächtigen Cumulis losgelöst haben, nach mannigfaltigen Richtungen fortziehen, um sich bald im reinen Himmelsblau aufzulösen, zum Zeichen, daß ein herabsinkender Luftstrom den Kampf mit dem aufsteigenden aufgenommen hat. Die Folge dieses Kampfes ist ein relativ heißer, trockener, stürmischer Wind in der Höhe, welcher, die Oberfläche der Wolke beleckend, diese mit sich reißt und ausdehnt und in ihr förmlich eine Luftverdünnung bewirkt. In der verdünnten Luft verdampft das Wasser der Wolke auf Kosten der Wärme und durch den heißen Wind unterstützt so rasch, daß ein Teil des Wassers gefriert, womit die Hagelbildung eingeleitet ist.

Bedeutende Physiker bemerken auf Grund ihrer Versuche, daß unter Null gekühltes Wasser an der Luft positiv elektrisch, trockenes Eis aber negativ wird. Die Vertreter der Voltaschen Auffassung bedienen sich auch dieser Erfahrung zur Erklärung der Hagelbildung, indem sie annehmen, daß das negativ geladene Hagelkorn die positiven, untergekühlten Wassertröpfchen an sich heranzieht, und auf diese Weise bis zu einer Größe anwächst, welche die vorherrschenden Verhältnisse eben zulassen.

Die Versuche, welche Dr. Kreuschner in Darmstadt angestellt hatte, unterstützen diese Theorie. Er führte in ein Wasserbecken durch den Boden des Gefäßes einen Draht so ein, daß das Drahtende bis einige Millimeter unter die Oberfläche des Wassers reichte. Diesem gegenüber, in einer Entfernung von wenigen Zentimetern, befand sich in der Luft das Ende eines andern Leitungsdrahtes. Werden nun die beiden Leiter mit einer Stromquelle hoher Spannung verbunden, und wird der Strom durch die Funkenstrecke über der Wasseroberfläche geschlossen, so ändert sich die Oberfläche des Wassers, indem über dem untergetauchten Drahtende ein Trichter entsteht, welcher allmählich an Tiefe und Durchmesser zunimmt. Bald spritzen aus diesem unaufhörlich, einem Springbrunnen ähnlich, zahlreiche Wassertröpfchen hervor, welchen sich Eiskügelchen zugesellen, die immer zahlreicher werden und schließlich über die Wassertröpfchen dominieren. Die Luft mußte während des Versuches außerordentlich ruhig sein. Treibt man mit der Hand fächelnd Luft gegen die Drahtenden oder bläst gegen die Funkenstrecke, so hört die

[1]) Jahrbücher d. Kgl. ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie, Budapest 1904.

Eisbildung auf. Die geringste Bewegung der Luft genügt also, um den Versuch mißlingen zu lassen.

Die Analogie des Versuches mit dem Vorgange in der Natur kann man folgendermaßen darstellen.

Das Wasserbecken ersetzt die Wolke, die Stromquelle bildet die außergewöhnlich große Potentialdifferenz in der Luft, welche während eines Gewitters gewöhnlich auftritt. Die Windstille, welche vor den Ungewittern herrscht, ist der Versuchsbedingung, daß die Luft ungemein ruhig sein muß, gleichwertig. Je größer und andauernder die Ruhe war, desto größere Potentialdifferenzen können entstehen, und desto intensiver werden die Gewitter und die Hagelfälle.

Mit der Erklärung des Hagels hat sich jüngst auch R. Russel beschäftigt in seiner Arbeit: „On Heil", und bringt darin untern andern einige bemerkenswerte Beobachtungen und Ansichten über den Hagel. Eine vollständige Zusammenstellung der Theorien des Hagels gibt Dr. W. Trabert in seiner Abhandlung: „Die Bildung des Hagels."

Indem Kronich zur Entwicklung seiner eigenen Anschauung übergeht, bemerkt er zunächst, es müsse bei der Aufstellung einer Theorie des Hagels als Ausgangspunkt jedenfalls die Konstruktion (Struktur, Form und Größe) des Hagelkornes dienen. Eine Theorie könne nur dann allgemeine Gültigkeit beanspruchen, wenn sie jede Form des Hagels erklären kann.

„Gehen wir", sagt er, „bei der Untersuchung des Hagelkornes vom Zentrum zur Oberfläche, so vergegenwärtigen wir uns die Entstehung und Bildung, mit einem Worte, die Geschichte des Hagelkornes. Es ist natürlich, daß man die Untersuchung am besten mit den einfachsten Körnern beginnt.

Schon ältere Beobachter berichten uns, daß das einfachste Hagelkorn aus einem zentralen schneeartigen Kerne und aus diesen Kern umgebenden Eishüllen besteht. Die Anzahl der Schalen ist gewöhnlich gering, doch findet man auch größere Körner mit vielen Hüllen.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, daß der Kern scheinbar aus zusammengepreßten Schneekristallen besteht. Das undurchsichtige Weiß des Kernes wird durch Luftbläschen und Luftschichten verursacht, welche die Kristalle voneinander trennen.

Diesen Kern umringen, wie gesagt, dichte, durchsichtige, kompakte Hüllen, welche leicht vom Kerne abschälbar sind. Sie umgeben den Kern nicht als ganze Kugelschalen, sondern eher in Blättern, welche sich übereinanderlegen, ungefähr wie die Häute einer Zwiebel.

Im Mikroskope bemerkt man, daß jede Hülle aus einer reichen Schar von aneinandergereihten Eiszellen besteht, zwischen welche mehr oder weniger Luftbläschen gezwängt sind. Die Verteilung der Hüllen um den Kern sowie der Zusammenhang der einzelnen Eiszellen scheinen zu verraten, daß wir es mit zusammengeflossenen, momentan erstarrten Wassertröpfchen zu tun haben, was der Bedingung entspricht, daß die Wassertröpfchen sehr stark unterkühlt sein mußten. Barral und Bixio fanden in einer Höhe von 2000 *m* tatsächlich Wolken, deren Bestandteile, die Wassertröpfchen, eine Temperatur von — 10° und darunter besaßen, ohne ihren tropfbar flüssigen Zustand eingebüßt zu haben. Wir müssen noch die Versuche Dufours erwähnen, in welchen er Wasser stark unter 0° kühlte, und auf die wichtige Eigenschaft des untergekühlten Wassers, auf die geringste Erschütterung in seiner ganzen Masse fast momentan zu erstarren, besonders hinweisen.

Die Struktur der Eishüllen deutet auch darauf, daß diese durch momentanes Erstarren entstehen, indem die Hüllen aus unregelmäßig aneinander gereihten Eiskristallen bestehen, welche Ansicht auch J. Möller, J. H. L. Flögel und E. Hagenbach in ihren Arbeiten befürworten.

Die Eishüllen, welche den schneeigen Kern umgeben, sind die charakteristischen Merkmale des Hagelkornes, welche dieses von den Graupeln unterscheiden.

Die eben beschriebene Struktur bezieht sich auf die gewöhnlichste Form des Hagelkornes und will also nicht sagen, daß diese die einzige Form sei. Es treten mannigfaltige Formationen auf, welche sich mehr oder minder auf die gewöhnliche Form zurückführen lassen, ihrer Seltenheit wegen aber eingehender noch viel spärlicher untersucht worden sind als die einfachen. Wir können auf dem Gebiete der Hageluntersuchung zum größten Bedauern kaum mehr Arbeiten anführen als die bekannten Beobachtungen Hartings und Walters und die präzisen, wertvollen Hagelstrukturstudien Abichs.

Ihrer Form nach können die Hagelkörner einfachster Struktur in drei Gruppen gereiht werden.

In die erste Gruppe zählen wir jene Schloßen, deren Form einem Kegel mit krummer Basis, einer Pyramide, nicht selten auch der eines Pilzes oder einer Birne ähnlich ist. Diese Stücke wachsen hauptsächlich an ihrer Grundfläche, indem während des Falles die Spitze nach oben gerichtet bleibt, was man aus ihrer Form auf Grund physikalischer Betrachtungen schließen darf.

In der zweiten Gruppe können jene Eisstücke zusammengefaßt werden, welche kugel- oder halbkugelförmig, manchmal auch linsenförmig, sphäroidisch oder ellipsoidisch sind. Ihre Häufigkeit ist nicht geringer als die der vorausgehenden Gruppe. Die Entwicklung dieser Eiskörner charakterisiert das gleichmäßige Wachstum derselben an allen Punkten der Oberfläche, was eine Drehung des Eisstückes um einen Punkt im Innern desselben voraussetzt.

In die dritte Gruppe gehören jene flachen Gebilde, die ein Korn der zweiten Gruppe enthalten, das von einer angefrorenen ringförmigen Verdickung umfaßt ist, und zwar hauptsächlich parallel einer bevorzugten Ebene, z. B. am Äquator des Sphäroids. Die Verbreiterung ist kristallinischer Struktur und vom Kerne und den konzentrischen Schalen scharf unterschieden. Ihre Kristalle sind rein und durchsichtig und liegen nebeneinander in radialen Strahlen, welche gegen den Kern konvergieren.

Am häufigsten findet man in dieser Gruppe flache, ellipsoidale Gebilde.

Unsere drei Gruppen, welche sich wesentlich unterscheiden, erschöpfen sämtliche Formen der Hagelkörner und entsprechen je einem Entwicklungsstadium des Kornes. Den Charakter der ersten Gruppe gibt der gut entwickelte, schneeartige Kern, die zweite zeichnet sich besonders durch ihre konzentrischen Hüllen aus, und die dritte unterscheidet sich von den ersten durch den aus radial aneinander gereihten Kristallen bestehenden partialen Gürtel oder auch das ganze Korn der ersten oder zweiten Gruppe umfassenden Mantel. Die konzentrischen Schalen und Hüllen dürfen ihren Ursprung dem Zusammenfließen und momentanen Erstarren untergekühlter Wassertröpfchen verdanken, während wir für die radialen kristallinischen Gebilde annehmen müssen, sie seien das Produkt einer langsamen Abkühlung von Wasser über 0° und dieser folgenden natürlichen Kristallisation.

Für die Entstehung des Gürtels der letzten Gruppe müssen wir noch eine Erklärung suchen. Die Form dieser Körner erinnert uns an die der Rotationskörper und läßt uns vermuten, daß sie tatsächlich durch Rotation um eine Achse entstehen, während das Korn noch mit flüssigem, langsam abkühlendem Wasser umgeben war. Die Fliehkraft treibt dieses Wasser an den Äquator des sphäroidalen Hagelkornes, und zwar desto stärker, je mehr dieses bereits abgeplattet ist. Hier gefriert es dann, indem es Wärme einesteils an das Hagelkorn abgibt und andernteils zur Verdunstung verwendet. Änderungen der Rotationsachsen besitzen keine große Wahrscheinlichkeit und erzeugen unregelmäßigere, seltenere Formen, welche auch durch Zusammenfrieren (Regelation) zusammenprallender Hagelkörner entstehen können.

Als wichtige Tatsache, welche fast als Regel gelten darf, muß erwähnt werden, daß während eines Hagelschauers von kurzer Dauer meist Körner derselben Form oder Gruppe niederfallen. Auch bei Hagelfällen von längerer Dauer fallen während einer Phase, welche von den andern durch kürzere

oder längerere Pausen getrennt wird, einander ähnliche Stücke. Es setzen die verschiedenen Phasen ganz markant mit Körnern von anderer Form ein, welche nach Verlauf einer kurzen Zeit über die vorher gefallene Form dominiert.

Diese Erscheinung darf vielleicht mit der Struktur der Hagel- und Gewitterwolken in Einklang gebracht werden. Jede Hagelwolke kann durch Hagelkörner von bestimmter Form charakterisiert sein, indem die Struktur des Hagelkornes unbedingt von der Struktur der Wolke abhängen muß. In dem Hagelkorne von innen nach außen spiegeln sich die Zustände und Vorgänge in der Wolke von oben nach unten. In den höchsten Regionen der Wolke, welche zur Hagelbildung noch mitwirken, finden wir gleichzeitig nebeneinander Schneekristalle und unter 0° gekühlte Wassertröpfchen, sie liefern den Kern der Schloßen. In den mittlern Wolkenpartien finden wir ohne Schnee untergekühlte Wassertröpfchen, welche zum Wachstume des Kornes beitragen und die konzentrischen Hüllen ergeben.

Die untersten Teile der Wolke bestehen aus Wassertröpfchen über 0° und liefern das Material zum kristallinischen Gürtel oder Mantel des Kornes.

Wie dieser Vorgang tatsächlich verläuft, und wie manche Schloßen ihre außergewöhnliche Größe erreichen können, ist noch unentschieden und wird durch verschiedene, einander in manchem widersprechende Ansichten darzustellen versucht. So auch durch die einfache und natürliche Erklärung Leopold v. Buchs, welcher zur Gravitation Zuflucht nimmt, um eine ausreichende Erklärung der Erscheinung zu finden. Jedes größere Eiskorn erreicht infolge seiner größern Beschleunigung (in Luft) unter ihm fallende, kleinere Regentropfen, welche mit ihm zusammenfrieren und so seine Masse vergrößern. So manche Forscher, welche zur Prüfung der Erklärung auch Versuche anstellten, schlossen sich Buch an und meinten, mit dieser Erklärung die Aufgabe gelöst zu haben. Versucht man jedoch, die Stichhaltigkeit der Ansicht an einem Zahlenbeispiele zu beleuchten, so sieht man bald, daß die Verschiedenheit der Beschleunigungen der Schloßen und der Regentropfen zur Ausbildung größerer Eisstücke nicht nur nicht ausreichend ist, sondern daß diese Ursache zum Wachstume der Schloßen nur wenig beiträgt und nur eine sekundäre Ursache ist.

Kronich zeigt rechnerisch, daß diese Ursache selbst in den extremsten Fällen nur eine Vergrößerung des Hagelkornes um 2 *mm* hervorrufen könnte, also ganz unzulänglich ist. Einen ähnlichen Einfluß auf das Wachstum der Eiskörner wird die Elektrizität ausüben. Wassertröpfchen und Eiskugeln ziehen sich infolge ihrer im Vorzeichen entgegengesetzten elektrischen Ladungen an mit einer Kraft, welche nach dem Coulombschen Gesetze berechnet werden kann. Außerdem wirkt auch noch das elektrische Erdfeld auf das Wachstum günstig, indem es eine Beschleunigungsänderung der Wassertropfen und Eiskugeln herbeiführt, welche ähnlich wirkt wie die von Buch erwähnten Beschleunigungsunterschiede und diese unterstützt. Schließlich kommt Kronich zu dem Ergebnisse, daß die drei Ursachen, nämlich Beschleunigungsunterschiede von Tropfen und Schloßen infolge Massenunterschiedes und Luftwiderstandes, elektrische Eigenladung der Tropfen und Schloßen, endlich das elektrische Feld, genügen dürften, auch die außergewöhnliche Größe einiger seltener Hagelschloßen zu erklären.

Luftbewegung, Wind und Sturm.

Die Luftzirkulation um die barometrischen Maxima und Minima und die Bildung von sekundären Wirbeln behandelt H. Hildbrand Hildbrandsson.[1]) Die Beobachtungen der obern Wolken (Cirrus)

[1]) Rapport sur les Observations internationales des Nuages II. Upsala 1905.

wurden hauptsächlich zu diesem Zwecke angestellt. Dank der direkten Höhenmessungen der Wolken während des internationalen Wolkenbeobachtungsjahres hat sich ergeben, daß die Höhe der Zyklone und Antizyklone in einem und demselben Lande sehr verschieden sein kann. In einzelnen Fällen wird die Drift der Cirruswolken in der Höhe durchaus nicht von der Luftbewegung, die sich am Boden als zyklonal oder antizyklonal erkennen läßt, beeinflußt, in andern Fällen reichen aber die Zyklone und Antizyklone so hoch in die Atmosphäre hinauf, daß die Cirren sich um sie als Zentrum nach dem allgemeinen Windgesetze bewegen, so wie dies sonst nur die untern Wolken tun. Hildbrandsson gibt Beispiele, in welchen die obern Wolken nach Ausweis ihrer Bewegung nicht von den atmosphärischen Störungen darunter erreicht wurden (so am 25. und 26. Juli 1896). Ein Beispiel, in welchem die Wirbel bis in die Höhe der Cirruswolken reichten, bietet die Zeit vom 1. bis 4. September 1896. Die Depressionen und Wirbel unserer Wetterkarten betrachtet Hildbrandsson als Trabanten des großen atmosphärischen Wirbels, dessen Zentrum der Pol ist. Dieser große Wirbel mit seiner Bewegung aus W. nach O. vollzieht sich über den sogenannten barometrischen Depressionen und Hochdruckgebieten, und es ist klar, daß die aus diesen letztern oben austretenden Luftmassen in den ostwärts gerichteten Zug des großen obern Wirbels geraten müssen.

Beiträge zur Dynamik des Föhns lieferte H. von Ficker.[1]) Die Untersuchungen beruhen auf vom Verf. veranlaßten Beobachtungen im Inntale bei Innsbruck und in mehrern benachbarten Stationen in geringer horizontaler, aber beträchtlicher vertikaler Entfernung. Diese Beobachtungen wurden von 1904 Januar 1 bis 1905 Januar 1 angestellt, doch kamen für die Untersuchungen hauptsächlich nur die ersten sechs Monate in Betracht, da der Sommer 1904 fast völlig föhnlos war. Es ergab sich zunächst folgendes:

1. „Das schon von Pernter beobachtete Aussetzen des Föhns in Innsbruck während der Morgenstunden (Föhnpausen) ist in weitaus den meisten Fällen nur ein Phänomen des Tales, stellt also eine Störung des Föhnverlaufes im Tale dar, nicht aber ein Aufhören des Föhns überhaupt.

2. Mit dieser in den Morgenstunden auftretenden Störung in Innsbruck hängt die Erscheinung zusammen, daß kurze Föhnwinde, die nachts ausbrechen und vor Sonnenaufgang wieder erlöschen, in Innsbruck (573 *m* Seehöhe) nicht zum Durchbruche kommen, während sie in Igls (876 *m* Seehöhe südlich von Innsbruck) bedeutende Temperatursteigerung bewirken.

3. Der Beginn des Föhns tritt zumeist in der Höhe früher ein, das Ende im Tale, eine Erscheinung, die ebenfalls mit der Störung in Zusammenhang stehen dürfte.

4. Temperaturschwankungen treten in jener Station auf, die gegenüber der höherliegenden Station als potentiell zu kalt erscheint. Diese Schwankungen, die vor allem eine Begleiterscheinung der Störungen im Tale sind

[1]) Innsbrucker Föhnstudien. Denkschriften der mathem.-naturwiss. Klasse der k. k. Akademie Wien. **78**. Wien 1905.

und dadurch mit dieser (auch genetisch) im Zusammenhange stehen, werden in Innsbruck erzeugt durch Wogenbildung an der Grenzfläche zwischen der im Tale stagnierenden oder langsam sich bewegenden kalten Luftschicht und der darüber hinwegwehenden warmen Föhnströmung. Sie sind ein Ausdruck für die Störung des thermischen Gleichgewichtes in der dynamisch erwärmten Luftströmung.

5. Während einer Föhnperiode fällt das Minimum der relativen Feuchtigkeit auf den Beginn der Föhnperiode, während wir im weitern Verlaufe des Föhns ein langsames Anschwellen zumeist konstatieren können. Diese Erscheinung steht im Zusammenhange mit der Wirkungsweise des föhnerzeugenden Minimums auf der Nordseite der Alpen, das zuerst die Luft auf der Nordseite und über den Alpenkämmen ansaugt, dadurch über letztern einen absteigenden Luftstrom erzeugt, woraus sich als physikalische Konsequenz die große relative Trockenheit auf der Gipfelstation ergibt. Wenn Luft der Südseite, in die Zirkulation mit einbezogen, auf der Luvseite des Gebirges aufsteigt, abkühlt und kondensiert, so tritt in den Föhnstationen Zunahme der relativen Feuchtigkeit ein, trotz der oft hiermit verbundenen größern Erwärmung.

6. Als Konsequenz der durch das Eindringen kalter, spezifisch schwerer Luft verursachten Störung in Innsbruck ergibt sich eine Luftdruckzunahme in Innsbruck während der Störung, zu deren exaktem Nachweise jedoch bisher ein genügendes und genügend einwandfreies Material mangelt."

Ferner fand Verf.:

1. Der Föhn erhöht die Temperatur in Kematen (Seehöhe 593 *m*, westlich von Innsbruck) in gleicher Weise wie in Innsbruck, doch bleibt die in Kematen erzeugte Erwärmung viel weniger lang konstant wie in Innsbruck. Die Föhnwirkung ist daher dem Gesamtbetrage der Erwärmung nach viel geringer als in Innsbruck.

2. Die in Innsbruck auftretenden Föhnpausen, d. h. Störungen des kontinuierlichen Föhnverlaufes, wie wir einen solchen in Igls beobachten können, werden erzeugt durch eine kalte Luftströmung, deren Weg durch das Oberinntal abwärts führt, denn

3. diese Störungen treten zeitlich früher und dem Betrage der Abkühlung nach intensiver in Kematen auf.

4. Die Geschwindigkeit des Vorrückens der Störung von Kematen nach Innsbruck, sowie die Intensität der Beeinflussung Innsbrucks in bezug auf zeitliche Dauer und Erniedrigung der Temperatur sind abhängig von der Heftigkeit des Föhns, insbesondere von der Windgeschwindigkeit der Föhnströmung, ferner von der Temperaturdifferenz zwischen Föhnströmung und der kalten, störenden Luftströmung. Große Windgeschwindigkeit des Föhns und geringer Temperaturgegensatz der beiden Luftströmungen können bewirken, daß die Störung von Kematen nach Innsbruck nicht vorrücken kann.

5. Von der vertikalen Mächtigkeit der störenden Luftströmung ist es abhängig, ob auch höhere Stationen wie Innsbruck in die Störung miteinbezogen werden.

6. Die Störung ist dem Vorgange verwandt, der das Ende eines Föhns überhaupt herbeiführt, weshalb in Kematen der Föhn früher endet als in Innsbruck, was mit den Einschränkungen gilt, die früher für die übrigen Stationen angegeben wurden (Wettersturz, Gewitter).

7. Der Störung gehen auch in Kematen meist bedeutende Temperaturschwankungen voraus, besonders bei heftigem Föhn. Während der Störung kann der Föhn zeitweise auch in Kematen wieder zum Durchbruche kommen. Bei schwachem Föhn entwickelt sich die Störung in Kematen und Innsbruck langsam und stetig, bei heftigem Föhn geht die Abkühlung in einer oft unvermittelten Temperaturstufe vor sich.

Die Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt Verf. in folgender Weise zusammen:

„Bei Föhn in Innsbruck ist bereits in geringer Entfernung westlich, in Kematen, der Gang der Temperatur bei weitem nicht mehr so stark beeinflußt als in Innsbruck selbst, woraus besonders zur Nachtzeit, wo das Gebiet westlich Innsbrucks normalerweise stark abkühlt, große Temperaturgegensätze resultieren. Erreicht die Temperaturdifferenz Innsbruck—Kematen einen gewissen Betrag, so setzt sich die kalte Luft im Oberinntale in Bewegung, da die beiden verschieden temperierten Gebiete nicht im Gleichgewichte nebeneinander bestehen können. Die kalte Luft schiebt sich durch das Oberinntal vor und lagert sich unter die warme Föhnströmung, wodurch in Innsbruck eine Föhnpause entsteht. Von der vertikalen Mächtigkeit dieses Keiles kalter Luft ist es abhängig, ob auch höhere Stationen wie Innsbruck in die Föhnpause miteinbezogen werden. Diese Ausfüllung des Talbeckens mit kalter Luft äußert sich auch manchmal deutlich in einer Zunahme des Luftdruckes in Innsbruck.

Die Intensität dieser Störungen oder Föhnpausen ist abhängig von der Windgeschwindigkeit der Föhnströmung, sowie von dem ursprünglichen Temperaturgegensatze zwischen den zwei verschieden temperierten Luftgebieten. Nur in seltenen Fällen dringt die Föhnpause nicht von Kematen bis Innsbruck vor, wenn entweder die Windgeschwindigkeit des Föhns zu groß oder die ursprüngliche Temperaturdifferenz zu klein ist. In Innsbruck ist bei Föhn eine Föhnpause in den Morgenstunden Regel.

Diese Erscheinung hat nichts zu tun mit dem stoßweisen Aussetzen und Wiederausbrechen des Föhns auf der ganzen Linie, eine Erscheinung, als deren Ursache Hann das Vorüberziehen sekundärer Depressionen angibt.

Genetisch stehen mit den Föhnpausen im Zusammenhange die zahlreichen Föhnstöße, die sich in oft regelmäßigen Intervallen folgen und in lebhaften Temperaturschwankungen kundgeben. Sie treten vor allem an jener Station auf, welche gegenüber der nächst höhern potentiell zu kalt ist, wenn das thermische Gleichgewicht in irgend einer Höhenschicht der Föhnströmung gestört ist. Besonders zahlreich und intensiv treten sie im Tale während der Föhnpausen auf und sind in diesem Falle auf Wogenbildung an der Grenzfläche zwischen der ruhig im Tale lagernden kalten Luft und der darüber hinwegwehenden, warmen Föhnluft zurückzuführen, eine Erklärung, die auch durch Beobachtung von Wogenbildung an der Grenzfläche von Talnebel gestützt ist.

Eine Störung des thermischen Gleichgewichtes tritt auch ein, wenn eine am Steilhange liegende Station (wie Heiligenwasser) bei Föhn im Windschatten liegt. Eine solche Station erscheint als zu kalt, der Gang der Temperatur scheint ungemein schwankend. Vielleicht tragen solche im Windschatten gelegene Kaltluftgebiete bei zur Ausbildung kalter Luftstöße, die bei Föhn in das Tal hinabgelangen. Diese Gleichgewichtsstörung (in Heiligenwasser) ist am stärksten im Winter und verschwindet, wenn die Hänge schneefrei werden; die Erscheinung besitzt demnach einen jährlichen Gang.

Windmessungen vom Patscherkofel und Lanserkopf beweisen, daß an exponierten Punkten der Föhn eine sehr kontinuierliche Luftströmung darstellt, daß also das stoßweise Wehen des Föhns im Tale auch eine Folge der weniger freien Lage der Talstationen ist. Dies ist die Erklärung für jene Windstöße im Tale, die nicht von Temperaturvariationen begleitet sind.

Wolkenbeobachtungen lehren ferner, daß im Windschatten infolge der aspirierenden Wirkung der Föhnströmung entgegengesetzt gerichtete Luftwirbel erzeugt werden, als deren Folge wir sehr wahrscheinlich die von Norden kommenden Windstöße bei Föhn in Innsbruck betrachten dürfen. Denn aus den Beobachtungen der eigentümlichen Wolkenbildungen bei Föhn auf dem Kamme der Nordkette müssen wir schließen, daß bei Föhn an der Nordkette eine nach aufwärts gerichtete Luftströmung vorhanden ist, daß also die von Norden kommenden Windstöße nicht als Rückstoß aufgefaßt werden können, den die Föhnströmung an der Nordkette erleidet.

Wolkenbeobachtungen ergaben ferner, daß die Föhnmauer nicht immer nur Kondensationsprodukte der Luvseite darstellt, sondern daß an ihrer Bildung auch mit Kondensation verbundene Luftwirbel der Leeseite beteiligt sein können. Ferner fanden wir, daß die Föhnmauer oft weit über den Brennerkamm nach Norden vorreicht, was in Verbindung mit der Bewölkung an der Nordkette oft eine wesentliche Vergrößerung der Allgemeinbewölkung bei Föhn darstellt.

Der Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Patscherkofel zeigt, daß die Höhe bei Beginn des Föhns relativ trocken ist, daß aber die relative Feuchtigkeit während des Föhns ungeachtet der Temperaturzunahme steigt. Wir finden aber bei Beginn des Föhns eine Luftströmung mit vertikaler Komponente, auch wenn der Föhn nicht aus einer Antizyklone herausweht. Erst im weitern Verlaufe des Föhns, wenn nämlich die Zirkulation von Süden über die Alpen nach Norden beginnt, steigt in der Höhe die relative Feuchtigkeit, während für die tiefern Stationen oft das umgekehrte Verhältnis gilt. Man hat also zwei verschiedene Föhnstadien zu unterscheiden. Im ersten, dem Anfangsstadium fast eines jeden Föhns, ist die Höhe noch relativ trocken. Es existiert noch keine Zirkulation über die Alpen. Im zweiten, wenn eine Zirkulation über die Alpen vorhanden ist, steigt die relative Feuchtigkeit in der Höhe. Es ist also tatsächlich ein physikalischer Unterschied vorhanden, ob ein Föhn nur aus einer über den Alpen lagernden Antizyklone herausweht, oder ob er einer die Alpen überwehenden Strömung seine Entstehung verdankt.

Nahe verwandt den Föhnpausen sind die Erscheinungen bei dem Ende eines Föhns, das immer dadurch herbeigeführt wird, daß kalte Luft von Westen in das Föhngebiet eindringt, sich keilförmig einschiebt und den Föhn zuerst im Tale, später in Igls und zuletzt auf dem Patscherkofel zum Erlöschen bringt. Der Föhn endet auf dem Patscherkofel oft erst ein bis zwei Tage später als im Tale, und so lange erscheint dann meist auch der endgültige Eintritt schlechten Wetters verzögert. Zwischen kurz dauernder Föhnpause im Tale und dem Erlöschen des Föhns auf der ganzen Linie finden wir alle Übergänge.

Der tägliche Gang der Temperatur ist nur in der kalten Jahreszeit durch den Föhn gänzlich verwischt. Bei zunehmender Sonnenhöhe gewinnt auch bei Föhn der normale tägliche Gang immer mehr Einfluß, wie sich sowohl aus den Beobachtungen, wie auch aus theoretischen Betrachtungen ergibt."

Die Bora in Noworossijsk. Dieser Ort liegt im westlichen Kaukasien, 100 *km* von Jekaterinodar entfernt, und besitzt einen vorzüglichen Hafen. Die Heftigkeit, mit der die Bora dort auftritt, und die damit verbundene Kalamität für diesen sonst so vorzüglichen Hafen haben das russische Ministerium der Wegekommunikationen, als es zum Ausbaue von Hafenanlagen in Noworossijsk schritt, bewogen, seine besondere Aufmerksamkeit dieser Erscheinung zu schenken. Behufs eines allseitigen Studiums dieses Phänomens beschloß daher das genannte Ministerium im Jahre 1891 mit Unterstützung des Physikalischen Zentralobservatoriums, in Noworossijsk drei meteorologische Stationen einzurichten: eine oben auf dem Marchotskijpaß, von wo die Bora kommt, die zweite beim Hafen, gegenüber der Stadt, am jenseitigen Ufer der Bucht, und die dritte in der Stadt selbst. Die drei Stationen liegen ziemlich genau in der Bahnrichtung der Bora je ca $2\frac{1}{2}$ *km* voneinander entfernt. Die erste Station liegt 435.5 *m* über dem Meeresniveau und um 398 *m* höher als die beiden untern Stationen, die sich unge-

fähr in gleichem Niveau befinden. Als die Hauptstation ist diejenige im Hafen anzusehen, die besonders vollständig mit Apparaten ausgerüstet ist und neben einer vollständigen Serie von Instrumenten zum direkten Ablesen auch alle Registrierapparate besitzt. Die beiden andern Stationen waren anfänglich nur mit je einem Barograph, Thermograph und Hygrograph ausgerüstet; im Jahre 1893 wurde aber die obere Station in eine solche zweiter Ordnung umgewandelt, und vom Juli jenes Jahres liegen von dort regelmäßige Beobachtungen vor. Im Jahre 1900 wurden es zehn Jahre, daß aus Noworossijsk Beobachtungen vorlagen, und zwar so ausführliche, wie bis jetzt noch aus keinem andern Rayon, der von der Bora heimgesucht wird, und es war daher erwünscht, dieses reiche Material einer umständlichen Untersuchung zu unterziehen.

Dies ist durch N. A. Korostelew geschehen, und von seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung gibt die Meteorologische Zeitschrift einen eingehenden Bericht[1]) von A. Schoenrock, dem das Nachstehende entnommen ist. Was die allgemeine Wetterlage bei der Bora in Noworossijsk anbelangt, so hat sich erwiesen, daß, um die Bora hervorzurufen, „dieselbe sich in der Weise gestalten muß, daß im Gebiete von Noworossijsk vom Kontinente zum Meere sich ein starker barometrischer Gradient heranbilden kann.“ Im allgemeinen spielen die Hauptrolle bei der Entstehung der Bora Maxima in den zentralen oder südwestlichen Gouvernements, die in den meisten (3/4) Fällen aus dem westlichen oder nordwestlichen Europa und nur zu 2/3 aus Sibirien oder aus N. stammen; gerade aber diese haben die meisten starken Borastürme erzeugt. Natürlich ist während der Bora gewöhnlich ein barometrisches Minimum auf dem Schwarzen Meere zu bemerken; daß aber die Bora nicht so sehr durch dieses, als hauptsächlich durch das Maximum bedingt wird, ersieht man daraus, daß der mittlere Luftdruck während der Bora in Noworossijsk, als im Rayon des Schwarzen Meeres über dem normalen liegt, und daß öfters das Minimum sich erst, nachdem die Bora schon aufgehört hat, auf dem Schwarzen Meere einstellt.

In den meisten Fällen (60%) tritt die Bora bei steigendem Barometer in Noworossijsk ein; im allgemeinen aber werden dabei sehr große Luftdruckschwankungen beobachtet, im Winter z. B. bis 7.4 *mm* im Mittel, in einzelnen Fällen aber von 10 bis 17 *mm*. Was die Temperatur anbelangt, so tritt gewöhnlich mit der Bora eine starke Abkühlung ein; Fälle mit steigender Temperatur treten fast ausschließlich nur in der wärmern Jahreszeit ein; dann zeigt die Bora sozusagen die Eigentümlichkeiten des Föhns. Die Temperaturerniedrigung ist im Winter sehr bedeutend, 7.7° im Durchschnitte; während der berühmten Bora vom Jahre 1899 fiel aber das Thermometer bis — 25°, wobei die sonst nie zufrierende Bucht von Nowo-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 43.

rossijsk binnen kurzer Zeit sich mit so starkem Eise bedeckte, daß es Menschen trug.

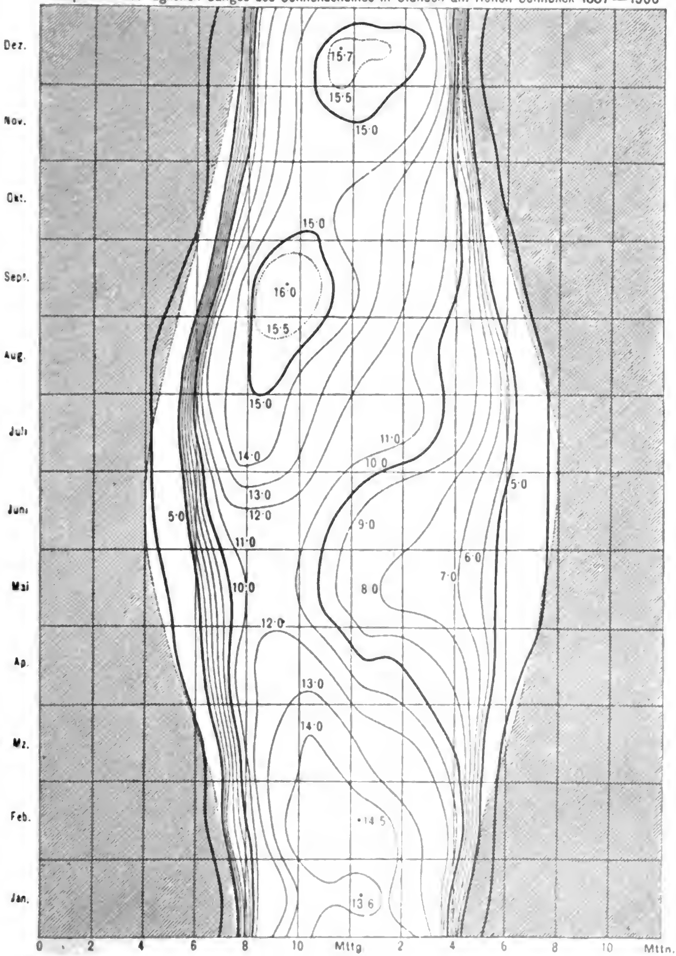
Oben auf der Paßhöhe hat der Luftdruck zuweilen während der Bora einen ganz andern Gang als unten; er fällt dort z. B., während er in Nowossijsk steigt. Was den Wind anbelangt, so erweist sich, daß in vielen Fällen (37%) oben schon vor Eintritt der Bora ein starker Wind herrscht, natürlich gewöhnlich aus NO.; merkwürdigerweise kommt es aber auch vor, daß oben der Bora ein SW.-Sturm vorangeht. Die Temperatur sinkt oben auch während der Bora gewöhnlich noch stärker als unten; in den meisten Fällen, mit Ausnahme des Sommers, geht das Quecksilber unter 0°.

Von besonderm Interesse ist die Zusammenstellung der meteorologischen Fakta oben und unten während der Bora. Es erweist sich, daß während der Bora der auf das untere Niveau reduzierte Luftdruck auf dem Passe um 0.7 *mm* (im Winter) bis 1.7 *mm* (im Frühjahre) niedriger ist als der Luftdruck in Noworossijsk. Dieses Resultat erscheint ganz paradox, da es den Eindruck macht, als ob der Wind gegen den Gradienten bläst. In einzelnen Fällen tritt diese Eigentümlichkeit noch schärfer hervor, und erreicht die Anomalie zuweilen 8 *mm*. Dieses Verhalten des Barometers während der Bora kann nur durch eine dynamische Drucksteigerung in Noworossijsk erklärt werden, für welchen Fall die Formel für die Reduktion des Barometers auf ein anderes Niveau keine Gültigkeit mehr hat. Daß es sich in der Tat so verhält, ergibt sich aus folgendem: Wenn man den Barometerstand der am Schwarzen Meere gelegenen kaukasischen Stationen während der Bora auf das Meeresniveau reduziert, so findet man, daß der reduzierte Luftdruck auf der Paßhöhe und z. B. derjenige in Szotschi und Batum übereinstimmen, daß aber das Barometer in Noworossijsk jedesmal abweicht, und zwar höher zeigt, welcher Umstand nur durch eine dynamische Luftdruckerhöhung an diesem letztern Orte erklärt werden kann.

Die Untersuchungen der Temperaturverhältnisse während der Bora haben aber gezeigt, daß dieselben bei der Entstehung dieser meteorologischen Erscheinung keine wesentliche Rolle spielen. Denn, wenn auch Temperaturanomalien bei der Bora auftreten, so hat es sich doch gezeigt, daß weitaus nicht immer das Vorkommen solcher Anomalien die Bora veranlasst, und es öfters vorkommt, daß nach dem Aufhören der Bora die vorhandene Anomalie noch weiter zunimmt. Noch deutlicher zeigt sich die Unabhängigkeit der Bora von der Temperatur, wenn man die weitere Umgebung in Betracht zieht, besonders die Kubansche Niederung, die hinter dem Gebirge liegt. Diesbezügliche Untersuchungen des Autors haben erwiesen, daß für die Entstehung der Bora ein Vorrat von kalter Luft hinter dem Gebirgszuge nicht erforderlich ist.

Der Autor kommt auf Grund seiner Untersuchung zu dem Schlusse, daß, „damit die Bora auftreten kann, solche meteorolo-

Isoplethen des täglichen Ganges des Sonnenscheines in Stunden am Hohen Sonnblick 1887—1900



Klein, Jahrbuch XVI.

Tafel IV.

gischen Bedingungen eintreten müssen, die einen heftigen NO.-Wind auf dem Passe von Marchot hervorrufen, welcher dann als die unmittelbare Ursache der Bora anzusehen ist." Der Autor gibt also für die Bora dieselbe Erklärung, wie Wild in seiner letzten Arbeit für den Föhn. Nach der Meinung Korostelews gehören beide Erscheinungen in eine und dieselbe Kategorie; nämlich beide sind Bergwinde. Der Unterschied besteht nur in der Begleiterscheinung der Temperatur, was wiederum dadurch bedingt wird, von wo der Wind kommt: Beim Föhn in der Schweiz stammen die Luftmassen aus südlichen warmen Gegenden, bei der Bora auf dem Schwarzen Meere dagegen aus N.

Die heißen Winde in Melbourne. Auf Grund von Beobachtungen der meteorologischen Anstalten in Viktoria hat R. v. Lendenfeld über die heißen Winde Melbournes Untersuchungen angestellt, die folgendes ergaben.[1]) Diese heißen Winde sind Nordwinde. Sie treten in Melbourne allsommerlich mehrmals auf und treiben die sonst dort auch im Sommer gemäßigte Temperatur sehr bedeutend in die Höhe. Sie halten wenige Stunden bis drei Tage an, nehmen während ihrer Dauer im allgemeinen an Schnelligkeit und Wärme zu und erreichen schließlich eine Geschwindigkeit von 60 bis 80 *km* in der Stunde und einen Wärmegrad von 40 bis 44°. Wenn sie heftig werden, führen sie riesige Staub- und Sandmengen mit. Sie enden unter Gewitterbildung plötzlich, indem sie nach S. umspringen, worauf eine rasche Abkühlung erfolgt, die bis 22° in der Stunde beträgt. Es ergibt sich, daß jene Winde sich stets am Vorderrande eines von W. nach O. fortschreitenden Gebietes niedern Luftdruckes befinden und an Heftigkeit in dem Maße zunehmen, in dem sich der Mittelpunkt des Niederdruckgebietes der Stadt Melbourne nähert. In dem Augenblicke, in dem dieses Depressionszentrum Melbourne (den Melbourner Meridian) passiert, erfolgt das erwähnte Umspringen des Windes nach Süden.

Dieser Wind kommt aus dem Innern Australiens, wo es im Südsommer sehr warm ist. Er überweht dann die etwa 700 *m* hohen, südwestlichen Ausläufer der Australischen Alpen, die nördlich an Melbourne vorbeiziehen, und wird beim Herabsteigen über ihren Südabhang verdichtet und noch weiter erhitzt. Er ist somit als ein Föhnwind aufzufassen und wie dieser abnorm heiß und trocken.

Weil er so heiß und trocken ist, verdorrt er die obersten Schichten des Bodens, über den er hinstreicht. Der Feuchtigkeit, die sie zusammenhalten, beraubt, fallen die Sand- und Staubteilchen, aus denen der Boden besteht, auseinander. Sie werden von dem Winde erfaßt und in so großen Mengen fortgetragen, daß sie schließlich, wenn das Depressionszentrum herankommt, und der Wind seine größte Schnelligkeit erlangt, den Himmel verdunkeln und die Sonne unsichtbar machen.

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1905. p. 118.

Luftelektrizität.

Sonnenstrahlung und Luftelektrizität. Dr. H. Rudolph machte[1] von neuem auf seine im Jahre 1898 veröffentlichte Theorie aufmerksam, die den Zusammenhange beider Erscheinungsgebiete aufdeckt, und nach welcher die Tagseite der Atmosphäre, besonders aber die Randzone derselben mit schiefem Strahlendurchgange einen Überschuß an positiven Ionen erhalten muß. Den genauern Hergang bei dieser positiven Ladung der Luft hat er in einer neuen Schrift erörtert, deren Inhalt sich kurz folgendermaßen angeben läßt: Aus dem, was man über das Zusammenwirken von ultravioletten und den wahrscheinlich ebenfalls von der Sonne ausgesandten Kathodenstrahlen weiß, folgen drei einfache hypothetische Annahmen über die von der Sonne bewirkte Ionisierung, Ladung und Ableitung von Elektrizität über irgend einem Punkte der Erdoberfläche. Die darauf gestützte Rechnung führt zu einer geographischen und jahreszeitlichen Verteilung der luftelektrischen Erscheinungen, welche durch Kurven für die Zeit der Äquinoktien und der Solstitien veranschaulicht ist und gut mit den beobachteten Tatsachen übereinstimmt. — Die neuesten von P. Bonifaz Zölß mitgeteilten Resultate aus dem von P. Franz Schwab in Kremsmünster gesammelten reichen Beobachtungsmateriale bilden zum ersten Male eine direkte Bestätigung für den innigen Zusammenhang zwischen Erdmagnetismus und Luftelektrizität, was für Rudolphs Theorie von allergrößter Bedeutung ist. Auch vermag bis jetzt keine andere eine Erklärung für die enorm gesteigerte Leitfähigkeit und positive Unipolarität der Luft des arktischen Gebietes während der Sommermonate zu geben.

Dasjenige, wodurch sich die von Dr. Rudolph zugrunde gelegte Hypothese am meisten von allen andern unterscheidet, ist die aus ihr hervorgehende Schlußfolgerung, daß die Erde gar keine negative Eigenladung besitzt. Die beiden hauptsächlichsten jetzt geltenden Theorien über die negative Ladung der Erde sind die von Elster und Geitel und die von C. P. R. Wilson. — Wilson erklärt sie durch die Ausfällung der negativen Ionen bei Niederschlägen. Schon die Schwierigkeiten, die er bei der Erklärung des überaus energischen Vorzeichenwechsels der Niederschlagselektrizität und des Potentialgefälles findet, mehr noch aber das regellose Verhalten der beiden zueinander machen es wahrscheinlich, daß man es hier mit Influenzladungen zu tun hat. „Wenn", sagt Dr. Rudolph, „die Ausfällung der negativen Ionen die Ursache der Luft- und Gewitterelektrizität wäre, so müßte diese Beziehung doch hier ihre Hauptprobe bestehen; statt dessen stellt sich dann negatives Gefälle, d. i. das Verhältnis der Zerstreuung negativer und positiver Elektrizität, zuweilen sogar mit positiver Ladung der Niederschläge ein".

J. Elster und H. Geitel vertreten die Anschauung, daß sich der Erdball infolge der größern Beweglichkeit der negativen Ionen in der umgebenden Atmosphäre negativ ladet, und halten dabei besonders die mit Vegetation bedeckten Gebiete für die Stellen der Absorption negativer Ionen. „Wenn man genauer überlegt", sagt dagegen Dr. Rudolph, „findet man, daß jene Gebiete wegen der negativen Ladung aller frei in die Luft ragenden Teile der Pflanzen wahre Fangkäfige für positive Ionen sein müssen. Im übrigen ist dieser Hypothese durch die Untersuchungen von Simpson ja die Grundlage genommen. Danach ladet sich ein gegen äußere elektrische Einwirkungen geschützter Körper in ionisierter Luft nicht anders als mit den Voltaschen Potentialdifferenzen. Eine neuerdings von H. Ebert veröffentlichte Modifikation der Elster-Geitelschen Annahme zieht, wie mir scheint, aus einigen Experimenten zu weitgehende Schlüsse." Man muß sich vergegenwärtigen, daß das Überwiegen der positiven Ionen eine feststehende Tatsache

[1]) Meteorol. Zeitschr. Mai 1904. p. 213.

ist, und daß sich der Streit eigentlich nur um die Entstehung dieses Überschusses dreht. Während nun die andern Theorien seine Entstehung in der Nähe der Erdoberfläche oder wenigstens in den untern und mittlern Luftschichten suchen, hat nach Dr. Rudolphs Ansicht die positive Ladung ihren Ursprung schon in den ganz hohen Schichten, und die negative Ladung der Erde ist nur eine scheinbare. Das bei Ballonfahrten gefundene Ergebnis steht damit nicht im Widerspruche. „Denn“, sagt Dr. Rudolph, „wenn z. B. bei Messungen mit dem Ebertschen Ionenaspirationsapparate 1 *cbm* Luft am Boden 1 elektrostatische Einheit negativer und $1^1/_4$ Einheiten positiver Elektrizität aufweist, in der Höhe dagegen 4 Einheiten negativer und $4^1/_2$ Einheiten positiver Elektrizität, so nimmt selbst bei Voraussetzung gleicher Geschwindigkeit für beide Ionen das Verhältnis von 1.25 unten auf 1.06 oben ab. Da aber die negativen Ionen in dünnerer Luft noch erheblich schneller wandern, so wird die Beobachtung noch kleinere Werte von q ergeben, obgleich der Überschuß positiver Ionen der gleiche geblieben ist.“

„Fragt man nun“, fährt Dr. Rudolph fort, „woher die als ganz sicher geltende Annahme von der negativen Eigenladung der Erde eigentlich stammt, so hat sich bei der wissenschaftlichen Erforschung der Luftelektrizität das herausgestellt, was man von vornherein zur Voraussetzung machte, wie es so häufig bei Untersuchungen geschieht, die sich anscheinend nur auf die Tatsachen und nur aufs Experiment stützen. Die reinen Empiriker vergessen gar zu leicht, daß jedem Versuche und jeder Schlußfolgerung aus einer beobachteten Tatsache eine wenn auch noch so unbestimmte Vorstellung vom Hergange der Sache vorangehen muß. Für die Berechnung des mittlern Potentialgefälles zieht man nun immer nur die sogenannten „ungestörten oder wenig gestörten Tage,“ d. h. die mit „Schönwetterelektrizität“ oder „normalem“ positiven Gefälle heran. Wer aber kann wissen, ob bei der großen Ausdehnung der Gebiete mit Niederschlag — oder wenigstens mit Bewölkung und negativem Gefälle — auf der ganzen Erde für einen gegebenen Zeitpunkt das mittlere Gefälle nicht nahezu Null ist? Das Gefälle kann sogar bei wolkenlosem Himmel negativ sein. Nach der Angabe von P. Bonifaz Zölß war es in Kremsmünster in 90% der Beobachtungszeit positiv, in 10% negativ. Wenn sich nun, was sehr wahrscheinlich ist, unter den negativen Werten an einem Orte oder wenigstens an bestimmten Stellen der Erde sehr hohe Beträge finden, so ist der wahre Mittelwert Null nicht ausgeschlossen. Damit fallen aber alle Berechnungen, die sich auf das „mittlere normale, positive Gefälle“ stützen, in sich selbst zusammen, und es ist um so wahrscheinlicher, daß sich alles durch Influenzwirkung der aus dem Überschusse positiver Ionen resultierenden Ladung der Luft erklärt.“

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, wie es zugeht, daß die Ströme positiver Elektrizität, die sich aus der Luft, z. B. auf Berge und andere isolierte Punkte richten, nicht eine Ladung der Erde hervorbringen, sondern ihre Energie umwandeln. „Dies“, sagt Dr. Rudolph, „ist leicht verständlich, sobald man nicht an dem überaus hypothetischen Satze von der Erhaltung der Elektrizität in dem Sinne desjenigen von der Erhaltung der Masse festhält.“ Er erläutert dies näher an einem Beispiele.

Am Schlusse seiner oben erwähnten Schrift hat er neben einer Verwandlung von Elektrizität in Wärme auch eine Umwandlung in Radioaktivität als möglich bezeichnet. Um den Sinn dieser Äußerung näher zu bezeichnen, geht Dr. Rudolph auf die Vorstellung zurück, welche er über das Wesen der positiven und negativen Elektrizität veröffentlicht hat. „Danach ist die elektrische Ladung durch die Konfiguration der Atome, resp. der Konstellation der Atome innerhalb der Moleküle oder Molekülkomplexe bedingt, was der Wahrheit zweifellos näher kommt als die aus England stammende primitive Vorstellung von Atomsplittern, die gewissermaßen ein mit den chemischen Elementen in Verbindung tretendes elektrisches Element darstellen, und die unter dem Namen Elektronen jetzt überall als angebliche Ursache der Kathoden-

Radium- und verwandter Strahlen gelten. Daß eine solche Erklärung der rätselhaften Energiequelle der Radiumstrahlen zu großen Widersprüchen und neuen Rätseln führt, wird jeder finden, der eingehender darüber nachdenkt. Den Grund für die allgemeine Annahme dieser Vorstellung, die auch ihre überzeugten Anhänger nur unvollkommen befriedigen kann, bilden die genau zu verfolgenden vielfachen quantitativen Beziehungen bei den erwähnten Erscheinungen. Dieselben sind aber selbstverständlich auch bei anderer Erklärungsweise möglich, wie ja die bei chemischen Verbindungen frei werdende Wärme trotz genau feststehender Menge längst nicht mehr als bestimmte Quantität eines Wärmestoffes (des Phlogiston seligen Andenkens) vorgestellt wird." Die von Dr. Rudolph gegebene Erklärung der Radiumstrahlung führt die Radioaktivität auf ganz analoge Konstellationen der Atome von Molekülen oder Molekülgruppen zurück wie die positive und negative Ladung. Deshalb ist die Eigenschaft der Radioaktivität außer bei den Stoffen mit den höchsten Atomgewichtszahlen auch bei Stoffen mit kompliziert gebauten Atomgruppen, wie in organischen Körpern, wahrscheinlich; nicht minder aber bei solchen Molekülkomplexen, wie sie von Lenard in ultraviolett durchstrahlter Luft als unelektrische Träger oder Kerne, die bis zu vielfacher Atomgröße gehen, nachgewiesen sind. „Die mögliche Umwandlung elektrischer Ströme in Radioaktivität soll nun", wie Dr. Rudolph betont, „nichts anderes heißen, als daß vielleicht die positiv und negativ geladenen Luftmoleküle oder Ionen von mehr als Atomgröße durch Vereinigung vieler zu noch größern Gebilden, ähnlich jenen großen Trägern, aber mit einem Überschusse an positiven Ionen, umgewandelt werden, und daß dies die noch unbekannte Radiumemanation und auch die Radioaktivität der freien Luft erklärt. Eine Stütze findet diese Ansicht in den interessanten Versuchen von J. Borgmann, aus denen er schließt, daß bei elektrischen Entladungen etwas der Emanation Ähnliches entstehen muß. In der freien Atmosphäre würde dasselbe an den Orten stärksten Ausgleiches der positiven Luftionen mit der Erde stattfinden, d. h. besonders in den Gebirgen und bewaldeten Höhen. So erklärt es sich, warum die Radioaktivität der freien Luft vom Meere nach den Alpen hin zunimmt und in den Hochtälern derselben ein Maximum erreicht. Da die Gebirge zugleich die Orte stärksten Niederschlages und die Reservoire der Quellen sind, so ist es verständlich, daß sich die Radioaktivität dem Quellwasser mitteilt und durch Verdunstung aus den Bodenkapillaren oder bei chemischen Prozessen in der Erde, durch die Wasser absorbiert wird, wie es in den Gebieten heißer Quellen sein könnte, sich noch konzentriert. Die Erklärung verdienstvoller Forscher, wonach das aktive Gas von Radium selbst in den Tiefen der Erde herrühren soll, ist unhaltbar, weil dann das Meerwasser und die Luft auf dem Ozeane wegen der großen Tiefe des Meeres stärker radioaktiv sein müßten als Quell- oder Grundwasser; aber auch schon wegen der Unfähigkeit der Emanation, feste Körper zu durchdringen, sowie ihrer von Himstedt festgestellten Eigenschaft, bei langem Stehen sich gänzlich zu verlieren. Wie sollte sonst auch durch Diffusion in die Atmosphäre gerade in die Hochtäler eine so starke Radioaktivität gelangen, da doch häufig benachbartes Gestein als inaktiv nachgewiesen wurde."

Verhalten der atmosphärischen Elektrizität. Öffentlichen Blättern zufolge berichtete General Kuropatkin, daß gelegentlich der letzten Kämpfe und ebenso bei Liaojang infolge der zahlreichen Schüsse ein heftiges Gewitter ausgebrochen sei. Diese Schlußfolgerung steht zunächst in vollstem Widerspruche mit den Anschauungen, die in einem Teile von Österreich, Oberitalien und Frankreich vorwalten, und zu dem Verfahren des Böllerschießens behufs Abwendung und Zerstreuung der Gewitter geführt haben. Die Erfahrungen

haben freilich gelehrt, daß dieses Wetterschießen durchaus nutzlos ist, indem sich nach genauen Aufzeichnungen die Zahl der günstigen Fälle nicht wesentlich von der der ungünstigen verschieden herausstellt. Die Behauptung Kuropatkins, daß infolge der furchtbaren Kanonade auf den mandschurischen Schlachtfeldern Gewitter entstanden seien, ist aber auch nicht wissenschaftlich erwiesen. Indessen sind doch mehrere Fälle bekannt, in denen während großer Schlachten Gewitter zum Ausbruche kamen. So z. B. während der Schlacht von Solferino, wo das Gewitter so heftig wurde, daß die beiden Armeen eine Zeitlang ihre Operationen einstellen mußten. Ein anderes Beispiel bietet die Beschießung der Reede von Rio Janeiro am 20. September 1711 durch die Flotte unter dem Befehle von Duguay-Trouin, bei der Tag und Nacht von den Forts wie von den sechs Linienschiffen aus gefeuert ward, und mehrere Kriegsschiffe in die Luft gesprengt wurden. Während dieser furchtbaren Kanonade brach ein schreckliches Gewitter aus, dessen Donnerschläge selbst den Knall der Geschütze übertönten. Diese Beispiele ließen sich noch vermehren, allein sie sind nicht zahlreich genug, um den Zusammenhang in der angegebenen Richtung nachzuweisen, obgleich dieser, theoretisch betrachtet, wohl möglich sein könnte. Ganz absonderlich klingt aber eine Nachricht aus Hyères (bei Toulon), die folgendermaßen lautet: „Am 2. April d. J. herrschte in den Morgenstunden ein heftiger, von Osten kommender Schneesturm über der ganzen Gegend von Hyères; die Flocken fielen sehr dicht und zeitweise größer als ein Fünffrankenstück. Plötzlich hörten der Oberst und die Offiziere des dort kasernierten Infanterieregiments, daß auf der in der Nähe ihrer Kaserne gelegenen Besitzung des Dr. Vidal vier oder fünf Schüsse gegen das Unwetter abgegeben wurden. Die Wirkung war sozusagen eine augenblickliche. Der Schneefall hörte an der Kaserne und der Vidalschen Besitzung auf, während er die entlegenern Besitzungen noch länger als eine Viertelstunde heimsuchte. Der Schnee bildete so die Wände eines ungeheuern Brunnens von 500 bis 700 *m* Durchmesser, dessen Zentrum zweifellos der Schießposten war. Dieser interessante und überzeugende Versuch über die Wirkung des Wetterschießens wurde von dem Obersten und vielen Offizieren des Regiments dem Dr. Vidal schriftlich bestätigt.“ Diese Nachricht widerspricht nun in so hohem Grade allen bisherigen Erfahrungen und allen theoretischen Vorstellungen, daß man sie in der mitgeteilten Form unmöglich für zutreffend ansehen kann. Beobachtungen bilden allerdings das Rückgrat aller naturwissenschaftlichen Forschungen, aber nicht alle Berichte über Beobachtungen entsprechen den wirklichen Tatsachen. Von ganz anderm Gewichte sind einige Wahrnehmungen, die auf der meteorologischen Drachenstation der Deutschen Seewarte in Groß-Borstel bei Hamburg gemacht wurden, und über die Dr. Paul Perlewitz soeben berichtet. Die Erde ist im Gegensatze zur Atmosphäre

negativ elektrisch geladen. Infolgedessen sind es auch alle mit ihr in leitender Verbindung stehenden Gegenstände, besonders auch die Drachenwinde der Station, die absichtlich durch Kupfer- und dicke Eisendrähte mit einem Brunnen in gut leitende Verbindung gebracht ist. Wird nun mittels eines oder mehrerer Drachen ein mehrere Kilometer langer Stahldraht in die Atmosphäre emporgehoben, so muß an dessen beiden Enden in der Regel ein beträchtlicher elektrischer Spannungsunterschied herrschen, und in dem Drahte wird ein elektrischer Strom entstehen, der sich aber in der Regel nicht weiter bemerkbar macht, da die Drachenwinde elektrisch gut mit der Erde verbunden ist. Es trat nun zweimal, am 15. April 1903 und am 4. Juli 1904, an Tagen, die durchaus nicht gewitterhaft aussahen, plötzlich ein Blitz mit Donnerschlag auf, während der Draht in dem einen Falle wahrscheinlich völlig in glühenden Dampf verwandelt wurden, das andere Mal glühend flüssig wurde und in Kügelchen zu Boden fiel. Da man nicht an ein zufälliges Auftreten des Blitzes mit Bezug auf den Draht denken kann, so muß man annehmen, daß ohne diesen hoch in die Atmosphäre geführten Draht die elektrische Entladung an dieser Stelle nicht in Gestalt von Blitz und Donner zustande gekommen wäre. „Aus beiden Vorfällen", sagt Dr. Perlewitz mit Recht, „ist zu schließen, daß man unter Umständen durch einen Drachenaufstieg elektrisch geladene Wolken oder Gewitterwolken entladen und damit ein Gewitter einleiten oder wenigstens einen Gewitterschlag, der sonst nicht zustande gekommen wäre, an einem beliebigen Orte hervorrufen kann, oder aber, daß man ein sich bildendes Gewitter durch solche Entladung überhaupt zunichte machen, wenigstens in seinem Ausbruche verzögern kann." Ob diese merkwürdige Erfahrung eine praktische Anwendung finden kann, muß zunächst dahingestellt bleiben, allein schon deshalb, weil Versuche nach dieser Richtung für den Experimentierenden höchst gefährlich sind.

Die Gewitter im südöstlichen Alpengebiete. Dr. K. Prohaska hat dort (in Steiermark, Kärnten und Krain) ein System von Gewitterbeobachtungen organisiert und die eingehenden Berichte Jahr für Jahr geprüft und zusammengestellt. In seiner jüngsten Publikation[1]) behandelt er das Jahr 1903, bringt aber auch Zusammenstellungen mehrjähriger Ergebnisse.

Die Anzahl der Blitzschläge, welche in dem genannten Beobachtungsnetze bisher verzeichnet wurden, waren:

1897 . . .	566 Blitzschläge	1900 . . .	402 Blitzschläge
1898 . . .	409 „	1901 . . .	384 „
1899 . . .	539 „	1902 . . .	529 „

[1]) Jahrbuch der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien 1905. N. F. **40**. Anhang.

Auf je 1000 Gewitteranzeigen entfielen in den Jahren

1897 . . .	24 Blitzschläge	1900 . . .	26 Blitzschläge
1898 . . .	19 „	1901 . . .	25 „
1899 . . .	25 „	1902 . . .	37 „

Die relative Blitzgefahr war also im Jahre 1902 eine besonders große.

Arten des Blitzschadens	1902 a) in Steiermark	1902 b) in Kärnten	1902 c) zusammen	10-jähriges Mittel
Personen vom Blitze getötet	20	5	25	17
Haustiere „ „ „	79	5	83	81
Zündende Blitze	72	10	82	78

Über die nähern Umstände, unter denen sich der Blitz seine Opfer holte, konnte folgendes in Erfahrung gebracht werden. Es wurden vom Blitze erschlagen: neun Personen auf freiem Felde, ohne Deckung, sechs unter einzeln stehenden Bäumen oder kleinen Baumgruppen, vier innerhalb von Gebäuden (davon eine am offenen Fenster sitzend), eine auf einem an der Außenseite eines Hauses befindlichen Gange und vier, die unmittelbar an der Außenseite von Gebäuden verweilten. In einem Falle konnte nichts bestimmtes festgestellt werden.

Es wurden ferner 145 Blitzschläge in Bäume gemeldet, in 95 Fällen war die Baumart näher bezeichnet, nämlich in

Fichten	22	Eschen	2
Tannen	5	Edelkastanien	2
Lärchen	9	Roßkastanien	1
Föhren	1	Nußbäume	3
Zirbelkiefern	1	Birnbäume	4
Eichen.	25	Apfelbäume	—
Buchen	—	Kirschbäume	1
Pappeln	11	Erlen	1
Weiden	2	Essigbäume	1
Linden	3	Ahorne	1

Im Jahre 1903 wurden durch Blitzschläge

	in Steiermark	Kärnten	zusammen
Personen getötet	10	3	13
Haustiere	27	14	41
Gebäude entzündet	50	14	64

Die Zahl der Schäden blieb also unter dem zehnjährigen Durchschnitte. In 68 aller Fälle, in welchen ein Baum den Zielpunkt des Blitzes bildete, ist die Baumart näher bezeichnet worden.

Es wurden getroffen:

Fichten	11 mal	Linden	3 mal
Tannen	2 „	Edelkastanien	2 „
Föhren	1 „	Nußbäume	1 „

Lärchen	8mal	Apfelbäume	2mal
Eichen	16 „	Birnbäume	8 „
Buchen	2 „	Kirschbäume	1 „
Pappeln	7 „	Zwetschenbäume . .	1 „
Eschen	2 „		

Von den dreizehn Personen, deren Leben einem Blitzschlage zum Opfer gefallen ist, wurden fünf innerhalb von Gebäuden — darunter eine beim Fenster stehend und eine beim Wetterläuten — ferner zwei unter einzeln stehenden Bäumen und zwei auf freiem Felde getötet; zwei Fälle blieben unentschieden.

In sieben Fällen traf der Blitz den Wasserspiegel, überdies werden, wie alljährlich, auch 1903 wieder Getreidegarben, Heuschober Kukuruzstämme, Feldkreuze, Brunnen usw. als Zielpunkte des Blitzes genannt.

Die von Trabert gewählte zweckmäßige Unterscheidung von stationären und Zuggewittern hat Prohaska beibehalten. Diese Einteilung ist zwar oft schwierig und erzwungen, da natürlich Übergänge häufig sind, in der Mehrzahl der Fälle gestaltet sie sich doch ziemlich einfach. Zu den stationären hat er jene Gewitter gerechnet, die sich entweder gar nicht oder nach verschiedenen Seiten ziemlich gleich stark ausbreiteten. Gewitter, die sich zwar vorwiegend nach einer Richtung entwickelten, aber über eine Erstreckung von 15 *km* nicht hinauskamen, wurden auch noch den stationären beigezählt. Als Zuggewitter wurden jene angesehen, die entweder eine deutlich ausgesprochene, durch mehrere halbstündig gezogene Isobronten sicher gestellte Fortpflanzung zeigten oder sich doch wenigstens 15 bis 20 *km* weit vom Ursprungsorte aus vorwiegend nach einer bestimmten Richtung ausbreiteten.

In Übereinstimmung mit Trabert hat er die Auflösungsstätte der Gewitter dort angenommen, wo die Stirnseite des vorrückenden, beziehungsweise sich ausbreitenden Gewitters ihre Zerteilung fand; hingegen hat er — nach längerm Schwanken — als Zeitpunkt des Gewitterschlusses nicht die späteste Meldung des ersten, sondern die späteste Meldung des letzten Donners angenommen. Er hat also nicht den letzten Zeitpunkt der Ausbreitung, sondern das tatsächliche Ende jedes einzelnen Gewitters vorgemerkt, um so dessen Dauer feststellen zu können.

Die in Rede stehende Untersuchung der Entstehung und Auflösung der Gewitter mußte auf Steiermark und Kärnten beschränkt werden, da Krain noch viel zu wenige und auch sehr ungleichmäßig verteilte Gewitterstationen besitzt.

Nachstehende Zusammenstellung läßt erkennen, daß in Steiermark und Kärnten zusammen 671 einzelne Gewitter unterschieden werden konnten.

Monat	Zug-gewitter	Stationäre Gewitter	Gewitter mit zweifelhaft gebliebenem Charakter	Summe	Verhältnis der Zuggewitter zu den station. Gewittern
Januar	—	1	—	1	(0)
April	3	4	2	9	0.75
Mai	37	75	30	142	0.49
Juni	46	127	39	212	*0.36
Juli	53	75	33	161	0.71
August	46	32	11	89	1.44
September . . .	20	12	6	38	1.67
Oktober	10	5	—	15	2.00
November . . .	2	2	—	4	1.00
Jahr	217	333	121	671	0.65

Was die Dauer der Gewitter anbelangt, so ist auffallend, daß 43% aller erloschen, ehe sie eine Stunde dauerten und fast 25%, die weniger als ½ Stunde Dauer hatten. Was die Zugrichtung anbelangt, so herrschten Westgewitter vor.

Was den Einfluß der Örtlichkeit auf die Gewitterbildung und auf die Zugrichtung anbelangt, so findet Prohaska aus der Bearbeitung der Beobachtungen von 1903 für Steiermark und Kärnten, daß in Gegenden, die seit Jahren als gewitterreich bekannt sind, auch viele Gewitter ihren Ursprung nehmen. Als auffällige Gewitterherde treten hervor: das Mittelgebirge Kärntens von der Gurk südwärts bis zur Linie Villach—Klagenfurt und östlich anschließend das Gebiet der Saualpe, dann in Steiermark die östliche Hälfte des Bezirkes Murau, das Bachergebirge mit Umgebung und damit in Verbindung das Flußgebiet der Sann (mit Ausnahme des obersten Teiles) und das Grenzgebiet gegen Krain. Alle genannten Landesteile zählen auch zu den gewitterreichsten: Feldkirchen (nordwestlich von Klagenfurt) hatte 32, Brückl an der Saualpe ebenfalls 32, Mariahof (östlich von Murau) 30, Seizdorf bei Gonobitz 28, Steinbrück a. d. Save 28, Zabukovje 37 Gewittertage im Berichtjahre. Gewitterarme Gegenden wie das Ennsgebiet Steiermarks und das Mölltal Kärntens erzeugen auch wenig Gewitter.

Dem zeitlichen Zusammenfalle von Gewitterhäufigkeit und Neigung zur Gewitterbildung in der täglichen Periode entspricht auch ihr Zusammentreffen in bezug auf die Örtlichkeit. Beides ist eine Folge davon, daß dort die Gewitter nur kurze Zeit andauern und keine großen Strecken zurücklegen. — Es erlöschen daher auch dort viele Gewitter, wo viele entstanden sind.

Blitzschlag in eine der Pyramiden. Während des heftigen Gewitters vom 31. März (1905 wohl) wurde die zweite Pyramide von Gizeh vom Blitze getroffen, etwas unterhalb der Spitze. Einige der ungeheuern Steinblöcke, aus welchen die Pyramide gebaut ist,

wurden disloziert und rollten die Seiten hinab in den Sand. Der Gewittersturm war der heftigste, den man in Ägypten in den letzten fünfzehn Jahren erlebt hat. Es ist auch der erste bekannt gewordene Fall, daß eine der Pyramiden vom Blitze getroffen worden ist.[1])

Wirkungen eines Kugelblitzes. Während eines 6. Juli 1904 über Autun ziehenden Gewitters schlug der Blitz mehrmals ein, und das Gewitter endigte mit dem Auftreten eines Kugelblitzes, der von einem großen Getöse und kurzem Schlage ohne Rollen begleitet war. Nach dem Berichte von Roche[2]) wurde derselbe an drei verschiedenen Punkten auf einer Strecke von 500 *m* gesehen. An fünfzehn verschiedenen Teilen der Stadt rief er sonderbare Wirkungen hervor, von denen hier nur angeführt sei, daß mehrere Personen weggeschoben wurden oder Stöße erlitten, die eine an der Nase, eine andere am Arme, einem Schüler war ein Arm eine Stunde lang gelähmt; alle getroffenen Personen empfanden ein unangenehmes Kribbeln, eine hatte eine schwere Wunde am Handgelenke. Außer diesen Erscheinungen wurde noch folgendes beobachtet: 30 *m* von seinem Ausgangspunkte erzeugte der Kugelblitz eine sehr starke Erschütterung an dem mit einem Blitzableiter versehenen Hause der Unterpräfektur. Die anwesenden Personen glaubten, daß er vom Blitze getroffen sei; sie verspürten eine heftige Erschütterung. Als aber der Blitzableiter untersucht wurde, zeigte er sich in unversehrtem Zustande. Dies bestätigt die auch früher schon gemachte Erscheinung, daß der Blitzableiter keine Wirkung auf den Kugelblitz ausübt.

Blitzschäden in Preußen. Die „Berl. Statist. Korresp.“ verbreitete sich über die Schwankungen der Häufigkeit von Schadenblitzen in Preußen. Es zeigen sich darin deutlich Perioden offenbar gewitterreicherer Jahre, in denen sich die Blitzgefahr ganz auffallend erhöht; dann aber folgen wieder Perioden geringerer Blitzgefahr. So erscheint um 1881 bis 1883 die Blitzgefahr gering; sie steigt gewaltig von 1884 bis 1886, fällt 1887 bis 1888, steigt von neuem 1889 bis 1891, fällt etwas 1892 bis 1894, nimmt wieder sehr stark zu 1895 und 1896 und geht in den beiden nächsten Jahren erheblich zurück; dann folgt ein neuer Hochgang 1899 und 1900 und endlich ein beträchtlicher Niedergang in den Jahren 1901 bis 1903. Eine auffallende Zunahme zeigen die kalten Blitzschläge; sie dürften aber wohl in der Hauptsache auf die genauere Berichterstattung zurückzuführen sein. Am beweiskräftigsten für die Vergleichung sind jedenfalls die zündenden Blitzschläge. Da ergibt es sich, daß die letzten Jahre geringerer Blitzgefahr (1902 und 1903) auf dem Lande

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 286.
[2]) Compt. rend. 1904. **89**. p. 465.

zusammen mit 1451, die frühern gewitterschwachen Jahre 1887 und 1888 mit 1470 Blitzschlägen vertreten sind. Für die Städte betrugen die betreffenden Vergleichszahlen 186 der jüngern gegen 222 der ältern Periode. Die beiden vorhergehenden blitzreichen Jahre 1885 und 1886 weisen für das Land zusammen 2175, für die Stadt 283 zündende Blitze auf, die jüngsten blitzreichen Jahre 1899 bis 1900 auf dem Lande 2592, in den Städten 393, was allerdings namentlich für die Städte eine nicht unerhebliche Erhöhung der Blitzgefahr bedeutet, die naturgemäß durch die Zunahme der Bebauung mit bedingt ist. Was den durch Blitzschlag verursachten Schaden anbelangt, so unterliegt dieser ähnlichen Schwankungen, wie die Anzahl der Blitzschläge selbst. In den Jahren 1885 bis 1886 betrug der Gesamtschaden 9.99, 1887 und 1888 nur 6.13 Millionen Mark. Die größten Schadenbeträge weisen die Jahre 1895 mit 6.51 Millionen und 1900 mit 6.57 Millionen Mark auf. Am niedrigsten war der Schadenbetrag 1887 (2.75 Millionen Mark), dann 1898 (3.32 Millionen). Betrachtet man den Blitzschaden getrennt nach Stadt und Land, so ergibt sich, daß die großen Städte einen sehr geringen Schaden durch Blitzschläge erleiden; er schwankt von 5000 bis 371 000 Mark und beträgt im 19 jährigen Durchschnitte 1885 bis 1903 bloß 75 200 Mark, darunter an Immobiliarschaden 42 400 Mark. Im Verhältnisse zum Gebäudewerte ist dieser Brandschaden winzig; es dürfte kaum $^1/_{200\,000}$ des Gebäudewertes jährlich durch Blitzschlag vernichtet werden. Bedeutender ist der Schadenbetrag bereits in den kleinern Städten, wo er von 137 000 Mark im Jahre 1890 bis 411 000 Mark im Jahre 1900 schwankt; der Durchschnittsbetrag erreicht 258 000 Mark. Das ganze Schwergewicht der durch Blitz verursachten Schäden hat das flache Land zu tragen; auf die Landgemeinden und Gutsbezirke entfallen allein 83.3 Millionen oder rund 93 Prozent des 89.6 Millionen Mark betragenden Gesamtschadens im Zeitraume 1885 bis 1903.

Statistische Untersuchungen über Schadenblitze in Ungarn hat Ladislaus von Szalay veröffentlicht.[1]) 1. Diese Untersuchungen umfassen den Zeitraum von 1897 bis 1903. In diesen Jahren wurden in Ungarn durch den Blitz 1027 Menschen getötet, welches im Mittel 128.5 Fällen pro Jahr entspricht.

2. Die in den Jahren 1902 bis 1903 vorgekommenen tödlichen Blitzschläge zeigen eine Abnahme der Fälle, indem diese in den vorhergehenden Jahren zwischen 147 bis 197, hingegen in den letzten zwei Jahren zwischen 115, resp. 114 variierten.

3. Die Einwohnerzahl in Ungarn betrug nach der Volkszählung vom Jahre 1901 16 621 574 Seelen, somit wurden pro Million Ein-

---

[1]) Jahrbücher der Kgl. ungarischen Reichsanstalt für Meteorologie 1905. **33**. Teil III.

wohner 7.6 Menschen durch Blitz getötet, resp. entfällt auf 131 579 Menschen ein tödlicher Blitzschlag.

4. Im Jahre 1902 wurden 66 Männer und 17 Kinder, ferner 20 Frauen und 12 Mädchen getötet. Im Jahre 1903 fielen 62 Männer, 17 Knaben und 32 Frauen sowie 3 Mädchen dem Blitz zum Opfer.

5. Der Blitz hatte in diesen wie auch in den frühern Jahren seine Opfer größtenteils aus dem Kreise der mit Landwirtschaft sich beschäftigenden Leute gewählt, und zwar wurden im Jahre 1902 1 Gutsbesitzer, 1 Landwirt, 27 Feldarbeiter, 9 Wirtschaftsknechte, 5 Schäfer und Hirten, 1 Kutscher, 1 Tabakgärtner, 10 Landwirtsfrauen, 5 Feldarbeiterinnen und eine Frau eines Feldhüters vom Blitze getötet, zusammen 78 Personen. Einem andern Berufe angehörende wurde 1 ärar. Förster, 1 Bergmann, 1 Bahnwächter, 1 Maurergehilfe, 1 Hebamme, 1 Hausbesitzerin, 1 Privatiersfrau, 1 Magd, insgesamt acht erwachsene Personen, durch den Blitz zu Tode getroffen; zu diesen sind noch 17 Knaben und 12 Mädchen zuzuzählen.

Die Zahl der Opfer männlichen Geschlechtes betrug 83, die des weiblichen 32.

Die im Jahre 1903 vorgekommenen ähnlichen Fälle zeigen weder nach Zahl und Beschäftigung, noch nach dem Geschlechte einen nennenswerten Unterschied. So wurden 1 Wirtschaftspächter, 6 Landwirte, 36 Feldarbeiter, 10 Hirten und Schäfer, 2 Taglöhner, 25 Feldarbeiterinnen, 1 Kutscher, 1 Waldarbeiter, insgesamt 82 Personen getötet.

Von andern Berufen angehörenden fielen dem Blitze 1 Pastorsfrau, 1 Beamtensfrau, 1 Kaufmannsfrau, 1 Tischlersfrau, 1 Magd, 1 Bahnbremser, 2 Artilleriesoldaten, 1 Ortsdiener und 1 Bergmann zum Opfer; insgesamt 12 Erwachsene, dazu sind noch 17 Knaben und 13 Mädchen zuzuzählen.

Die gesamte Anzahl der männlichen Opfer betrug 79, die der weiblichen 35.

6. Im Jahre 1902 wurden 78 Personen im Freien vom Blitze getötet, und zwar 48 auf offenem Felde, 5 auf der Straße während des Gehens, 1 im Laufen, 5 unter Firsten, 1 im Hofe, 3 auf dem Wagen, 18 unter Bäumen, darunter 1 im Walde unter einer Fichte, 1 unter einem Nußbaume, 2 unter Akazienbäumen, 2 unter Fichten, 1 unter einer Weide, 1 unter einer Linde, 1 unter einem Birnbaume, 1 unter einer Weißtanne, 1 unter einer Eiche, 5 unter verschiedenen nicht benannten Bäumen. Unter Dach wurden 35 Leute getötet und zwar: 21 in Wohnräumen, 5 in Türmen, 2 auf Dachboden, 1 im Schafstall, 4 in der Hausflur. In 2 Fällen ist der Ort nicht benannt gewesen.

Im Jahre 1903 fanden 93 Personen ihren Tod durch Blitz im Freien. 27 unter Firsten und Bäumen. Die Fälle verteilen sich detailliert wie folgt: 51 auf dem Felde, 1 im Gehen, 2 im Laufen, 4 am Ufer des Baches, 1 unter dem Wagen, 2 beim Brunnen, 2 auf der Land-

straße, 5 auf dem Wagen, 2 auf dem Hausdache, 1 unter einem Apfelbaume, 2 unter einer Buche, 1 unter einem Zerreiche, 1 unter einem Nußbaume, 1 unter einer Fichte, 1 unter einer Linde, 4 unter Birnbäumen, 5 unter Eichen, 3 unter nicht näher bekannt gegebenen Bäumen. Unter Dach kamen 20 Personen durch Blitz ums Leben, und zwar in Wohnräumen 12, in Türmen 2, in einer Windmühle 1, unter einem Schilderhause 1, an der Türschwelle 3, auf einem Eisenbahnzuge 1, und in einem Falle war der Ort nicht angegeben.

7. Der Zahl nach kamen im Jahre 1902 die meisten tödlichen Fälle (12) im Komitate Bihar vor; im Jahre 1903 steht das Komitat Torontál mit neun Fällen an erster Stelle.

Während dieser sieben Jahre, über welche solche detaillierte Ausweise vorhanden sind, kamen die meisten Fälle (48) im Komitate Bihar vor, die wenigsten, resp. keinen einzigen tödlichen Fall, hat das Komitat Esztergom zu verzeichnen.

Von sonstigen Schadenblitzen ist zu bemerken:

1. Während des Zeitraumes von 1873 bis 1903 kamen in Ungarn 7368 zündende Blitzschläge vor.

2. Als jährliches Mittel von 31 Jahren ergeben sich 234 zündende Blitzschläge.

3. Der durch Blitz verursachte Brandschaden belief sich im Jahre 1902 auf 370 657 Kronen und im Jahre 1903 auf 272 579 Kronen.

4. Die meisten zündenden Blitzschläge hat das Komitat Vas zu verzeichnen, wo im Jahre 1902 20 und im Jahre 1903 21 Fälle vorkamen. Die Komitate Brassó, Liptó, Szepes, Turócz haben in den letzten zwei Jahren keinen einzigen zündenden Fall zu verzeichnen.

5. Am häufigsten hat der Blitz im Jahre 1902 im Monate Juni (in 102 Fällen) und im Jahre 1903 im Monate Juli (in 62 Fällen) Brand gestiftet.

6. Nach den Stunden des Tages kamen die meisten Blitzzündungen im Jahre 1902 zwischen 4 bis 5 Uhr nachmittags vor, zu welcher 26 Fälle zu verzeichnen waren, im Jahre 1903 verschob sich das Maximum der Blitzschläge auf die Stunden zwischen 3 bis 4 Uhr nachmittags, bei welcher Gelegenheit 17 Brandschäden durch Blitz zur Anmeldung gelangten. Am seltensten kamen die Blitzschläge zwischen 7 bis 8 Uhr in den Morgenstunden vor.

Das Spektrum des Nordlichtes. Runge hatte darauf hingewiesen, daß Paulsens Annahme, das Spektrum des Nordlichtes stimme mit dem Spektrum des negativen Glimmlichtes einer Vakuumröhre, die O, N und CO enthält, überein, nicht zutreffend sei, und daß dessen Polarlichtlinien besser mit dem Spektrum des Kryptons zusammenzufallen scheinen, doch müsse das Spektrum des Polarlichtes erst genauer bestimmt werden. Nachdem nun Sykora seine

Spektralbeobachtungen des Polarlichtes ausführlich publiziert hat, verglich E. C. C. Baly diese Ergebnisse mit den Resultaten seiner eigenen Beobachtungen des Spektrums von Krypton, von dem er zwei Spektra erhalten, eins bei höherm und ein zweites bei vermindertem Drucke. Zwischen den Wellenlängen der von Sykora gemessenen Polarlichtlinien und denen der Kryptonlinien ist nun die Übereinstimmung eine gute; aber auch die von Paulsen angegebenen Wellenlängen stimmen mit denen von Kryptonlinien überein. Danach scheint es kaum zu bezweifeln zu sein, daß zwischen dem Polarlichtspektrum und dem Kryptonspektrum ein naher Zusammenhang existiert, und zwar scheint das zweite Kryptonspektrum, das des verdünnten Gases, hierbei am meisten beteiligt zu sein.[1])

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Die Durchsichtigkeit der Luft bei verschiedenen Witterungszuständen ist auf Grund der an der meteorologischen Zentralanstalt in Wien gemachten Beobachtungen von Dr. M. Samec untersucht worden.[2]) Die Ergebnisse haben also zurzeit nur lokale Bedeutung. Es wurde zunächst ein gut ausgeprägter täglicher Gang festgestellt, dem zufolge die Fernsicht morgens abnimmt, zwischen 6^h und 8^h a. ihr Minimum, um 2^h p. ihr Maximum erreicht und in den Abendstunden ziemlich konstant bleibt. Die drei Richtungen Ost, Süd und West, nach welchen gesonderte Fernsichtaufzeichnungen gemacht werden, sind in bezug auf die Sehweite durchaus verschieden. Am besten ist durchschnittlich die Fernsicht nach Westen, ihr folgt die nach Osten; durchweg sehr trüb ist die Luft im Süden (über die Stadt hin). Unter Benutzung der Tagesbeobachtungen wurde der Einfluß der Luftdruckverteilung, sowie der Windrichtung und Windstärke auf die Durchsichtigkeit der Luft geprüft. Die schönste Fernsicht findet sich im Mittel an solchen Tagen, an welchen das barometrische Maximum im Norden, Südwesten, Nordwesten oder zentral liegt; ferner ist auch das Zentrum einer Depression von klarer Luft begleitet. Von den Winden ist am klarsten der West, Nord und Westnordwest, hingegen zeichnen sich Südsüdwest und Ostnordost durch sehr getrübte Atmosphäre aus. Bei wachsender Windstärke nimmt die Luftklarheit zu und erreicht beim Stärkegrade 5 ihr Maximum. Barometerstand und Temperatur zeigen nur einen geringen Einfluß auf die Fernsicht. Durchschnittlich sind hoher Luftdruck und hohe Temperatur verhältnismäßig häufig Begleiter klarer Luft. Viel deutlicher ist der Zusammenhang der Fernsicht mit der relativen Feuchtigkeit, deren hohe Werte regel-

[1]) Naturwiss. Rundschau 1905. p. 131.
[2]) Anzeiger der k. k. Akad. der Wiss. in Wien 1905. Nr. 22. p. 410.

mäßig trübe Luft bedingen. Die öfter betonte Ansicht, daß klare Luft und folgender Regen häufig verbunden auftreten, erhielt in dieser Arbeit eine weitere Stütze. Die Beobachtungen über Morgennebel zeigen, daß dieser nicht selten in Klarheit übergeht, oft aber den ganzen Tag anhält. Starke Bewölkung hat, wenn auch kein Hindernis für klare Luft, doch selten diese als Begleiterscheinung.

Durchsichtigkeit der Luft. Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Catania sind seit Januar 1901 regelmäßige Beobachtungen angestellt über die relative Durchsichtigkeit der Luftmasse, die längs des südlichen Abhanges des Ätna bis zum Gipfel desselben sich erstreckt, d. h. eine horizontale Entfernung von 30 *km* und eine Höhe von etwa 3 *km* in maximo besitzt. Die Beobachtungen wurden täglich dreimal, im Winterhalbjahre um 8^h, 9^h und 15^h, im Sommerhalbjahre in den Stunden 7, 9, 15 angestellt. Dabei wurde mit bloßem Auge die Sichtbarkeit des Ätna nach einer Skala von 0 (unsichtbar) bis 5 (außergewöhnliche Deutlichkeit und Transparenz) abgeschätzt. Das Beobachtungsmaterial wurde von A. Riccò und L. Mendola in vier Tabellen zusammengestellt,[1]) und zwar die Häufigkeit der Sichtbarkeit des Ätna in jeder Beobachtungsstunde eines jeden Monates, die mittlere Transparenz, die Häufigkeit und der Prozentsatz der größten Durchsichtigkeit.

Schon aus den Monatsmitteln ergibt sich, daß die Durchsichtigkeit am Morgen mit der Annäherung der Sonne an den Meridian abnimmt und in gleicher Weise kleiner ist in den Nachmittagsstunden. Es ist dies eine Folge der Zunahme des Wasserdampfes, des Staubes und der Unruhe der Luft, die von den aufsteigenden Strömen erzeugt werden. Ferner zeigt sich, daß, während die Häufigkeit der Sichtbarkeit des Ätna größer ist im warmen als im kalten Halbjahre wegen der geringern Dunstigkeit, die mittlere und die größte Transparenz im Winter größer sind als im Sommer. Endlich zeigt eine Vergleichung der drei Beobachtungsjahre, daß die Durchsichtigkeit nur wenig zugenommen von 1901 zu 1902, stark von 1902 bis 1903 und am stärksten von der ersten zur zweiten Hälfte 1903.

Letzteres stimmt ziemlich gut mit den Aufzeichnungen Mascaris über die Güte der Sonnenbilder auf dem Ätnaobservatorium. Gute Beobachtungen waren 1902 seltener möglich als 1901 und 1903 und zeigen eine Zunahme von 1902 zu 1903. Weiter findet Übereinstimmung statt mit den Beobachtungen von Dufour in Lausanne, Langley und Abbot in Washington, Max Wolf in Heidelberg und v. Gorczynski in Warschau, aus denen sich eine Abnahme der Durchsichtigkeit der Luft im Jahre 1902 ergeben, die 1903 wieder verschwunden war. Wahrscheinlich fand die Abnahme und Zunahme der Durchsichtigkeit der Luft in den verschiedenen Ländern zu ver-

[1]) Memorie della società degli Spettroscopisti italiani **33**. p. 159.

schiedenen Zeiten statt. In Catania hat die Abnahme der Transparenz für die Atmosphäre unterhalb 3000 *m* sich auch 1901 bemerkbar gemacht, während die Zunahme seit Mitte 1903 begann. Die Beobachtungen im ersten Semester 1904 zeigten, daß die Zunahme der Transparenz unverändert bis Juli 1904 angehalten hat.

Die Häufigkeit des Sonnenscheines auf dem Sonnblickgipfel ist von A. v. Obermayr untersucht worden[1]) nach den Aufzeichnungen während der Jahre 1887 bis 1900. Aus den gefundenen Zahlen sind die Isoplethen der mittlern Sonnenscheindauer in Monatssummen graphisch dargestellt worden. (Tafel IV.)

Mit einem Blicke übersieht man, daß die größte Häufigkeit des Sonnenscheines im Januar und Februar einen größten Wert, 14.5 kurz nach Mittag erreicht, sich dann allmählich verringernd in den folgenden Monaten auf die Vormittagsstunden übergeht, im März den geringsten Wert, 11.2 um 9h abends erlangt; sich im Juli und August in den Stunden 1 bis 8h abends erhält; im September einen größten Wert, 16.0 um 9h 30m abends erreicht, aber bereits gegen Mittag rückt, abnimmt, zwischen Oktober und November auf 14.5 absinkt, im November und Dezember gegen Mittag rückend auf 15.7 im Dezember zunimmt, dann gegen Januar noch weiter auf 1h. zurückweicht, um dann in der beschriebenen Weise wieder anzusteigen.

Die punktierten Linien, welche die Nullinien stellenweise schneiden, entsprechen den Zeiten des Sonnenaufganges beziehungsweise des Sonnenunterganges. Außerhalb derselben ist das Diagramm schwarz schraffiert."

Zum Vergleiche gibt Verf. die Angabe des Sonnenscheines auch für eine Anzahl anderer Gipfelstationen und einiger Niederungsstationen.

„Auf dem Obir liegt das Maximum der Häufigkeit 16.7 im Februar zwischen 11 a. und Mittag, rückt, seiner Größe nach abnehmend, bis zum April auf 8 bis 9 a., erreicht hier den kleinsten Wert 12.9, hält sich auf diesen Stunden, im weitern Verlaufe der Monate ansteigend, erreicht den größten Wert mit 18.7 im Juli, weicht dann im September an Größe abnehmend auf 9 bis 10 a., im Oktober auf 10 bis 11 a. auf einen sekundären kleinsten Wert, 13.3 zurück, steigt im November auf 15.2 um 12 bis 1 p. an, beginnt dann nach einer kleinen Senkung im Dezember gegen Januar anzusteigen. Die Nachmittagsstunden der Monate April, Mai und Juni zeigen Minima der Häufigkeit, die sich zwischen 9.6 bis 9.7 halten, zwischen 3 bis 4 p. liegt in den Sommermonaten ein sekundäres Maximum im täglichen Gange des Sonnenscheines, welches im Juni auf die Stunden 2 bis 4 vorrückt und 11.0 erreicht, gegen August aber auf 4 bis 5 p. zurückweicht und sich zu 15.0 erhebt, dann aber verschwindet. Auf dem Sonnblicke ist dieses sekundäre Nachmittagsmaximum nicht vorhanden.

Auf der Bjelašnica zeigen der tägliche und jährliche Gang der Häufigkeit des Sonnenscheines ein ganz ähnliches Verhalten wie auf dem Sonnblicke und auf dem Obir. Im Laufe des Jahres tritt dieselbe Verschiebung der Stunden der größten Häufigkeit des Sonnenscheines von den Nachmittags- auf die Vormittagsstunden ein. Im Mai, Juni und Juli rückt derselbe auf die Stunden 6 bis 8 a. und weicht im August auf 8 bis 9 a. zurück. Der größte Wert der Häufigkeit beträgt dann 17.0. Sehr wenig ausgesprochene sekundäre Maxima zeigen

[1]) 13. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, Wien 1905.



Fig. 1. Abbildung der Paar, Ecknach und Glonn in der Wolkendecke.

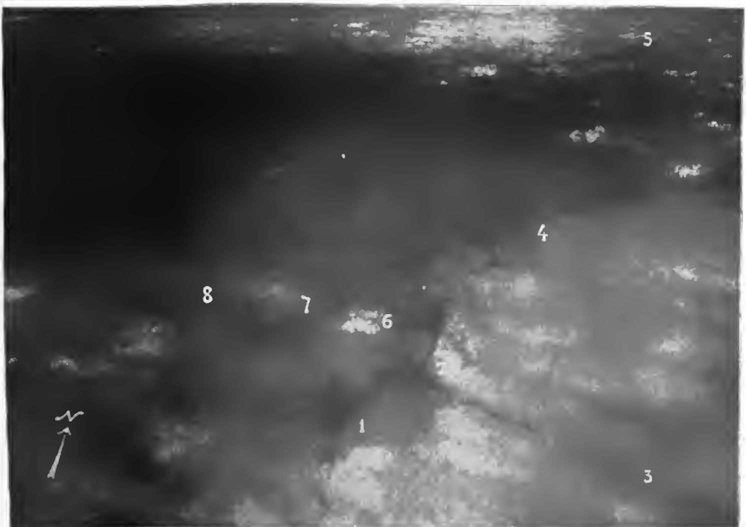


Fig. 2. Abbildung der Kleinen Paar und des Schönefelder Mooses in der Wolkendecke.

Abbildung von Flußläufen in Wolkendecken von K. von Bassus.

sich im März und Juli von 4 bis 5 p. Im Mai, zwischen 7 bis 8 a., sinkt das Maximum der Häufigkeit des Sonnenscheines auf 8.4 herab.

Auf dem Säntis ist das Vorrücken der Häufigkeit des Sonnenscheines auf die Morgenstunden weniger ausgesprochen. Auch zeigt sich hier im April ein Maximum 16.8 zwischen 9 bis 10 a. und im Juni, zwischen 10 bis 11 a. ein Minimum 12.9 im größten Werte der Häufigkeit des Sonnenscheines während des Jahres. August, September, November und Dezember sind durch breite Maxima mit über 15.0 ausgezeichnet. Die Einschnürung, welche die Isoplethen des Sonnenscheines für Sonnblick und Obir zeigen, fällt hier auf die Monate Mai, Juni und zum Teile Juli.

Ganz abweichend von den angeführten Hochstationen verhält sich die Häufigkeit des Sonnenscheines auf dem Ben Nevis in Schottland.[1]) Die größte Häufigkeit des Sonnenscheines fällt dort während des ganzen Jahres nahe der Mittagsstunde, wie dies später für die Stationen der Niederungen gezeigt werden wird. Der Juni ist dort der Monat mit dem meisten Sonnenscheine. Das Maximum hält sich von 6 a. bis Mittag in der Höhe von 9.0 und nachmittags zwischen 2 bis 4 mit 9.2. Im August ist mittags ein Minimum 4.7, im September zwischen 10 a. bis Mittag ein sekundäres Maximum mit 7.3 zu verzeichnen. Die ungewöhnlich starke Nebelbildung verhindert hier zumeist eine längere Dauer des Sonnenscheines.

Auf dem Ben Nevis ist der Frühling infolge der um diese Zeit vorherrschenden Winde die sonnigste Jahreszeit. Den meisten Sonnenschein hat der Juni, und nach den Wintermonaten ist der August der sonnenloseste Monat. Der August 1889 und der Januar 1890 erreichten bloß 2% der möglichen Sonnenscheindauer, während dem Juni 1889 während einer Antizyklone 47% der möglichen Sonnenscheindauer zukam."

Die Abbildung von Gewässern in Wolkendecken als Wolkentäler und Wolkenrücken ist von K. v. Bassus bei einer Ballonfahrt photographisch festgelegt worden. In einer Abhandlung[2]) gibt er eine Zusammenstellung früherer direkter und indirekter Beobachtungen dieser Art und kommt zu folgenden Ergebnissen:

In einer „geeigneten Wolkendecke" bilden sich nach meinen Erfahrungen bei Windstille so ziemlich alle überhaupt vorhandenen Gewässer ab, vom kleinsten Bächlein bis zum Strome, vom Tümpel bis zum ausgedehnten Moose, und zwar scheint das Vorhandensein von Abbildungen in diesem Falle die Regel zu bilden. Nur über die Abbildung von größern Seen vermag ich nichts anzugeben, da keine meiner Fahrten, bei denen eine „geeignete Wolkendecke" vorhanden war, nahe genug an einem solchen vorbeiführte.

Weht zwischen der Erde und Wolkendecke stärkerer Wind, so bilden sich von den fließenden Gewässern nur die größern ab. Die gleiche hemmende Einwirkung wie dem Winde kommt der Stratusbildung zu.

Kleine Bäche sehen wie Furchen in der Wolkendecke aus, die dem Luftschiffer dadurch auffallen, daß sie die ebenfalls als Furchen erscheinenden Luftwogen, jeder, auch der kleinsten Bachkrümmung getreu folgend, kreuzen. Da, wo der Lauf des Bächleins

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 352. Ben Nevis 56° 48' nördl. Br., 5° 8' westl. L. v. Gr., 1434 *m* Höhe.

[2]) Ill. Aeronautische Mitteilungen 1905. p. 9.

ungefähr parallel zu den Luftwogen geht und beim Zusammenflusse von zwei Bächen, ist die Furche tiefer, da, wo er die Luftwogen kreuzt, seichter, oft kaum erkennbar. Die Abbildungen größerer Bäche und Flüsse erwecken den Eindruck eines Wolkentales, in welchem die Bewölkung aus feinem Dunste besteht, der oft so dünn ist, daß die Erde durchschimmert. Besonders auffallend werden diese Täler bei schrägem Sonnenstande, wo der eine Talhang im Schatten liegt. Auch diese Täler geben jede Flußkrümmung deutlich wieder beim Zusammenflusse größerer Gewässer bilden sich oft vollständige Wolkenlücken. Wassertümpel erscheinen als trichterförmige Löcher, Moose als dunkle, mit feinem Dunste ausgefüllte Flächen, die genau den Konturen des erzeugenden Objektes entsprechend begrenzt sind.

Je dichter die Wolkendecke ist, und je mehr sie sich zu einer Stratusdecke ausgebildet hat, desto schwächer sind die Abbildungen: Kleine Gewässer sind dann überhaupt nicht zu erkennen, und auch die großen Flüsse zeichnen sich nur als seichte Furchen ab. Diese Erscheinung konnte ich bei der Fahrt I. 10 deutlich beobachten. Da die Mitnahme eines umfangreichen Instrumentariums für andere wissenschaftliche Untersuchungen nötig war, ließ ich den Photographenapparat zu Hause, was ich nachträglich sehr bedauert habe; denn es wurde bei dieser Fahrt noch eine andere höchst interessante Gewässerabbildung beobachtet: Unsere Fahrt, die über 4000 *m* Höhe geführt hatte, näherte sich ihrem Ende, und es fiel der Ballon bereits gegen die von 400 bis 900 *m* rel. reichende, dichte und von der Mittagssonne grell beleuchtete Stratus-Kumulusdecke mit ziemlicher Geschwindigkeit, als ich in derselben die Abbildung eines Flußlaufes als seichte Furche erkannte. Auf dieser Wolkenfurche lag ein Kumulusballen, ähnlich einem großen Pilze. Wenige Minuten darauf erfolgte bei Windstille die Landung am Nordrande von Pullach dicht an der Isar, wo sich ein Elektrizitätswerk mit einem etwa 10 *m* breiten Überfallwehr befindet, über welches das Wasser als rauschender Wasserfall herabfloß, und es besteht daher kein Zweifel, daß die Wolkenfurche von der Isar und der pilzartige Kumulusballen von dem Wasserfalle herrührte.

Endlich ist festzustellen, daß bei raschem Zuge einer nicht zu dichten Wolkendecke gegen die Erde ebenfalls nur große Flüsse und diese gewöhnlich nur als Wolkenlücken abgebildet werden, Gestalt und Richtung des Flußlaufes nur annähernd wiedergebend und in der Windrichtung verschoben."

Verf. macht darauf aufmerksam, daß, wenn auch die untere Fläche einer „geeigneten Wolkendecke" scharf abgegrenzt ist, Abbildungen wie die der Paar auch von der Erdoberfläche aus beobachtet werden können.

Dir. Erk bezeichnete als Ursache der Abbildungen von Gewässern in der Wolkendecke eine durch das Fließen des Wassers der darüber befindlichen Luft mitgeteilte Horizontalbewegung: „Das fließende

Wasser veranlaßt in der darüber befindlichen Luft eine Strömung, welche sich im gleichen Sinne bewegt wie das Gewässer." Wenn auch, bemerkt dazu v. Bassus, über größern Flüssen eine derartige Horizontalbewegung als möglich bezeichnet werden muß, so dürfte dieselbe über einem kaum ½ *m* breiten Bächlein, wie z. B. den Seitenbächen der Ecknach und Kl. Paar, recht unwahrscheinlich, über Tümpeln und Moosen aber sicher nicht vorhanden sein.

Der Einfluß von Gewässern auf Wolkendecken ist, wie Verf. betont, mit den geschilderten Erscheinungen nicht erledigt. Vielmehr liegen auch Beobachtungen vor, die jenen Erscheinungen direkt widersprechen. So haben andere Luftschiffer und ich oft bei sonst wolkenfreiem Himmel über Flußläufen zusammenhängende Kumulusketten, über Sümpfen und Moosen Wolkeninseln gesehen. Auch die Ursachen dieser Erscheinungen sind noch nicht gefunden, indem direkte Messungen für dieselben nicht ausreichend gegeben sind.

Die Dämmerungserscheinungen der Jahre 1903 und 1904. Prof. W. Laska hat schon im Herbste 1903 aus seinen Beobachtungen geschlossen, daß diese Erscheinungen so erfolgen, als wenn in den Höhen der Atmosphäre eine formgeschlossene Staubwolke um die Erde bewegt würde, da auf diese Weise die deutliche Periodizität der Erscheinung und der scharf begrenzte Rand derselben sich erklären ließe. Er schreibt nunmehr:[1] „Daß dieser Eindruck nicht individuell war, beweist die nachstehende Note (von Prof. Wolf), welche ich in dem ersten und zweiten Hefte der Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft finde. Prof. Max Wolf schreibt: „Der durch den Ausbruch der westindischen Vulkane verursachte Bishopsche Ring um Sonne und Mond konnte das ganze Jahr (1903) über gut gesehen werden. Der Radius der hellen Scheibe (innerer Rand des braunen Ringes) betrug am Anfange des Jahres (um die Sonne) 12.5°, Ende August 10°. Der Durchmesser der hellen Scheibe um den Mond wurde im Februar durch Anschluß an Sterne zu 18.6° bestimmt. Die vulkanischen Dämmerungserscheinungen traten wie im Vorjahre wieder periodisch auf, so daß wohl kein Zweifel mehr besteht, daß der Staub sich in einzelnen großen Wolken um die Erde bewegt.

Nachdem das ganze Frühjahr hindurch kaum auffallende Dämmerungserscheinungen aufgetreten waren, entwickelten sie sich ganz plötzlich um den 3. August 1903 zu großer Pracht. Nach einer kürzern Pause traten sie Ende August und Anfang September wieder in noch nie gesehener Schönheit und Intensität auf, prächtiger als 1884. Besonders am 30. und 31. August und am 1. September, und zwar ebensowohl abends als morgens, war das Phänomen unbeschreiblich großartig, und es konnten mehrere vollständige Beobachtungsreihen erhalten werden. Danach nahm die Intensität

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1904. p. 514.

der Erscheinungen rasch ab, und sie verschwanden gegen den 8. September. Am 23. September begann abermals eine aber viel schwächere Periode für wenige Tage. Die nächsten Perioden gruppierten sich um den 6. und 7. Oktober, dann um den 19. und 20. Oktober und zuletzt um den 9. November. Seitdem wurde keine vulkanische Dämmerung mehr beobachtet."

Für die Erscheinungsperiode des Jahres 1903 hat man also eine ziemlich konstante periodische Wiederkehr von ca. acht Tagen. Wird der 22. August als Ausgangspunkt resp. erstes beobachtetes Maximum angenommen, so gibt eine achttägige Periode nachstehende Epochen: 6., 14., 22., 30. August, 7., 15., 23. September, 1., 9., 17., 25. Oktober, 2. und 10. November 1903. Etwa um diese Zeit fanden also die Konjunktionen der Staubwolke mit der Sonne statt. Würde man die Höhe der Staubwolke kennen, so ließe sich leicht ihre wahre Bewegungsgeschwindigkeit berechnen. Daß sich dieselbe, wie die Beobachtungen lehren, durch so lange Zeit von nahezu drei Monaten konstant erhalten konnte, ist gewiß eine höchst merkwürdige Tatsache, nicht minder wie die notwendig sich ergebende ungeheuere Geschwindigkeit selbst.

Das Auftreten zu bestimmter Zeit, während die Erscheinung sonst nicht beobachtet wird, deutet ebenfalls darauf hin, daß es sich um eine wandernde Staubwolke handelt. Die Erscheinung wird eben erst sichtbar, wenn die Sonne eine bestimmte Deklination erreicht. Solche konservative Gebilde können aber nur in den höchsten Regionen der Atmosphäre bestehen, wie die so berühmt gewordene Erscheinung der „leuchtenden Wolken" lehrt. Es wäre nun interessant zu erfahren, ob sich dieselben auch jetzt einstellen werden wie in den achtziger Jahren.

Die wenigen mir zu Gebote stehenden Beobachtungen lassen die obigen Schlüsse noch nicht ganz sicher gelten, besonders was die Periodizität der Erscheinung anbelangt.

Wie dem auch sein mag, sind die Beobachtungen dieses Phänomens wichtig genug, und es muß dringend jedermann gebeten werden, etwa noch vorhandene zu publizieren. Dieselben sollen, wenn ich nicht irre, von einem amerikanischen Observatorium gesammelt und bearbeitet werden. Manche und oft wertvolle Beschreibungen dürften sich in den Tagesblättern finden. Für das laufende Jahr und wohl auch das nächste möge die Beobachtung der Dämmerungserscheinungen allen warm empfohlen werden."

Die Dämmerungserscheinungen auf See sind vom Sommer 1903 bis Frühjahr 1904 an Bord des Schulschiffes „Herzogin Sophie Charlotte" von Dr. Joh. Möller beobachtet worden.[1]) Während der ganzen Dauer der Reise spielte sich die Erscheinung immer in der gleichen Weise

[1]) Ann. der Hydrographie 1905. p. 55.

ab. Etwa 1 bis 2 Minuten nach dem Verschwinden des Oberrandes der Sonne, der sehr oft, aber nicht immer, im letzten Momente den viel erwähnten grünen Strahl zeigte, lag auf dem Horizonte ein heller Streif, der sich rings um den Himmel herumzog, im Westen leuchtend gelbrot und im Norden und Süden mattgrau oder leicht gelblich war und im Osten in einen etwa 2° breiten purpurnen Streifen überging. Dieser Purpurstreif im Osten war durch eine ungefähr $1\frac{1}{2}°$ breite blaugrüne Zone vom Horizonte geschieden. Über diesem rings um den Horizont herumlaufenden, im Westen am hellsten leuchtenden Streifen erhob sich dort, wo die Sonne untergegangen war, ein goldiger Glanz, der allmählich in einen sehr hellen, weißblauen, bis zur Höhe von etwa 20° aufragenden Kreis überging. An diesen Kreis schlossen sich nach beiden Seiten hin gelbgrüne, lange, sehr spitzwinklige Dreiecke an, die mit der Spitze und einer der Langseiten auf dem Horizonte ruhten. Nach einigen Minuten erschien die erste Andeutung einer zwischen ungefähr 10 und 40° Höhe liegenden Purpurkuppel im Westen, die von der jetzt mehr ins Gelbbraune spielenden Farbe des Horizontes durch eine blasse, blaugrüne Farbe getrennt war, während sich auf beiden Seiten der Kuppel ein helles, himmelblaues Feld bis ungefähr zum Nord- und Südpunkte des Horizontes ausdehnte. Der Purpur im Osten war inzwischen matter geworden und höher gestiegen, und der Himmel unter ihm hatte eine stumpfe, blaugraue Farbe angenommen, die etwas heller war als die ebenfalls stumpfe, dunkelblaue, fast blauschwarze des übrigen Himmels. Während nun die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte von 3 bis 5° anwuchs, verschwand der Purpur im Osten und machte einer matten, bis etwa 22° Höhe aufragenden Gegendämmerung Platz, die als schmaler Streif den ganzen Horizont entlang lief. Gleichzeitig wurden die Purpurkuppel im Westen, deren intensiverer Kern von etwa 15° Breite sich leuchtend aus der im Maximum etwa 70° breiten mattern Purpurfarbe heraushob, und die blaugrünen Töne zwischen Purpurkuppel und Horizont und im Norden und Süden leuchtender und frischer. Je tiefer sich nun die Purpurkuppel zum Horizonte hinabsenkte, um so flacher wurde ihre Wölbung, bis sie nur noch wie eine plankonvexe Linse auf dem Horizonte ruhte, und um so leuchtender wurde das fahle Gelbbraun des Westhorizontes, während im Osten unter einem hellern Graublau graue Töne mit einem Stiche ins Braune auftraten. Als der erste Purpurschein völlig verschwand, lag an seiner Stelle ein blaßblaues, nach rechts und links hin in himmelblaue Töne übergehendes Feld und darunter ein gelbrotes, etwa 4 bis 5° hohes Segment über dem westlichen Horizonte. Die Sonne stand dann im Mittel $6\frac{1}{2}°$ unter dem Horizonte. — Ein zweites Purpurlicht, das nicht so hell war wie das erste, erschien meist bei einer Tiefe der Sonne von 7 bis 8° unter dem Horizonte. Zwischen ihm und den gelbroten Horizontfarben zeigten sich blasse, mattblaue Farben. Ein himmelblaues Feld, das sich fast immer seit-

wärts an die Purpurkuppel und die darunter liegenden blaßblauen Farben anschloß, war merkwürdigerweise immer nur nach einer Seite hin ausgedehnt, während sich nach der andern Seite hin eine bräunliche Trübung erstreckte. Leider hatte der Beobachter nur drei schriftliche Aufzeichnungen über die Lage dieser bräunlichen Trübung gemacht. Sie lag zwischen dem West- und Südpunkte des Horizontes am 25. Juli auf 42° nördl. Br., zwischen dem West- und Nordpunkte am 8. März auf 11°südl. Br. und zwischen dem Ost- und Südpunkte des Horizontes morgens am 10. März auf 7° südl. Br.

Die gewöhnliche Dämmerung verläuft fast immer ähnlich wie die hier beschriebenen Phänomene. Zu den bei klarer Luft regelmäßig zu beobachtenden Erscheinungen gehört vor allem die helle weißblaue oder weiße Kreisfläche im Westen kurz nach Sonnenuntergang mit den anschließenden Dreiecken und die beiden sogenannten Purpurkuppeln. Auch diese, deren Farbe eher einem zarten Rosa gleicht, als dem was man in breitern Volksschichten unter Purpur versteht, pflegen sich dem aufmerksamen Beobachter zunächst als kreisrunde Scheiben darzustellen, die sich von einem Grunde von noch zarterm Rosa abheben und erst bei größerer Annäherung an den Horizont ihre Kreisform verlieren und mit dem umgebenden Grunde verschwimmen. Von den gewöhnlichen Dämmerungserscheinungen unterscheiden sich die hier beschriebenen Phänomene hauptsächlich nur durch ihre größere Intensität und vielleicht durch das Auftreten der bräunlichen Trübung an der einen Seite der zweiten Purpurkuppel."

Die Halophänomene in Rußland sind von Dr. E. Leyst studiert worden.[1]) Er findet, daß die geographische Verteilung der einzelnen Halophänomene im wesentlichen von der Verteilung von Land und Wasser abhängt. Um dieses leichter übersehen zu können, teilt Verf. die Gruppen in rein kontinentale und in küstennahe, indem er die Gruppen in Sibirien und die zentrale im europäischen Rußland zu den kontinentalen rechnet, die übrigen aber zu den küstennahen, die er zur Abkürzung maritime nennt, ohne deshalb z. B. das transkaspische Gebiet für maritim zu halten. Dann findet man im Mittel:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Sonnenringe.					
Kontinental	3.20	3.98	1.75	1.39	10.33
Maritim	0.49	1.02	0.37	0.34	2.23
Sonnensäulen.					
Kontinental	2.80	0.78	0.10	0.65	4.33
Maritim	0.77	0.16	0.01	0.09	1.05
Mondringe.					
Kontinental	6.26	3.09	0.19	2.32	11.84
Maritim	1.92	1.17	0.13	0.94	4.15

[1]) Die Halophänomene in Rußland. Moskau 1903.

„Alle drei Phänomene haben in allen Jahreszeiten an den rein kontinentalen Stationen viel größere Häufigkeitszahlen als die Gebiete in der Nähe des Eismeeres, Baltischen, Schwarzen und Kaspischen Meeres. Besonders groß ist der Unterschied für Sonnenringe, welche an den kontinentalen Stationen vier- bis fünfmal so oft gesehen werden als an den Stationen in der nähern oder weitern Umgebung der großen Meere. Es ist durchaus falsch, wenn man behauptet, die Halophänomene seien eine Erscheinung der höhern Breiten. Die merkwürdigsten Phänomene, die in allen bessern Lehrbüchern erwähnt werden, sind nicht in hohen Breiten, sondern in St. Petersburg, Danzig und Rom beobachtet worden. Bereits Humboldt wußte von Halophänomenen zu berichten, die er in den Tropen beobachtet hatte, und neuerdings hat Dr. Messerschmitt aus Schiffsbeobachtungen auf dem Atlantischen Ozeane für die Breiten 50 bis 20° für 17 Jahre nicht weniger als 108 Sonnenringe und 465 Mondringe ausziehen können. Für die Breiten von 20° nördl. bis 10° südl. Br., also zu beiden Seiten des Äquators, fanden sich 10 Sonnenringe und 106 Mondringe. Obgleich uns das Verhältnis der Fahrten in beiden Gruppen unbekannt ist, so ist doch die Zahl der Beobachtungen an und für sich groß genug, um sagen zu können, daß die Halophänomene selbst in den Tropen nicht fehlen."

Die sogenannten Sonnensäulen „haben ihre Heimat in Sibirien, die Sonnenringe in der zentralen Gruppe (von der Nikolaieisenbahn bis zum Ural, unter Ausschluß des St. Petersburger Gouvernements). Die Säulen haben im jährlichen Gange ihr Maximum im Januar, die Sonnenringe im April. Die Säulen haben ihr Minimum im August und September, die Ringe im Oktober. In den drei Wintermonaten beobachtet man 73% aller Säulen und nur 26% aller Ringe um die Sonne; in den drei Sommermonaten dagegen findet man nur 2% Säulen, aber 15% Ringe. Im täglichen Gange haben die Sonnenringe ihr Maximum um die Mittagszeit, die Säulen dagegen am Morgen und späten Nachmittage.

Mondringe sind am häufigsten im Winter, und auf 49 Mondringe im Winter kommen zwei im Sommer.

Mit der geographischen Lage ändert sich sowohl der tägliche, als auch der jährliche Gang aller Halophänomene. Diese Phänomene sind in Rußland vorherrschend kontinentale Erscheinungen, und im Binnenlande sind die Mondringe dreimal und Ringe und Säulen bei der Sonne vier- bis fünfmal häufiger als in küstennahen Gebieten. Dasselbe fand sich auch für den Regenbogen. Jedenfalls ist es ganz unrichtig, wenn man in Lehrbüchern liest, die Halophänomene kämen hauptsächlich in kalten Gegenden in kalten Monaten vor.

Ein Parallelismus des jährlichen Ganges der Nordlichter und der Halophänomene, der vielfach behauptet wird, ist nicht vorhanden. Noch weniger kann die Rede sein von einem Parallelismus der Halophänomene und der Sonnenflecken. Wenn ein Zusammen-

hang beider Erscheinungen existieren sollte, so ist es ein Zusammenfallen der Maxima mit Minimis und umgekehrt. Man hat den Parallelismus beider Erscheinungen aus Beobachtungen hergeleitet, die einen solchen Schluß auf keinerlei Weise rechtfertigen."

Die Entstehungsweise des sogenannten weißen Regenbogens hat J. M. Pernter nachgewiesen.[1]) Er hat früher gezeigt, daß die Bezeichnung „weißer Regenbogen" für den von Bouguer in den Anden und von Scoresby im nördlichen Eismeere gesehenen weißen Bogen von etwa 36 bis 40° Halbmesser, dessen Mittelpunkt der Gegenpunkt der Sonne war, nicht korrekt ist, weil diese Bogen unmöglich von Wassertröpfchen erzeugt werden konnten. Diesen „weißen Regenbogen", der auch von Kämtz später (1833) auf dem Rigi gesehen wurde, hat weder Bouguer, noch Scoresby als Regenbogen bezeichnet, da beide ausdrücklich bemerken, daß er sich auf Wolken, beziehungsweise Nebeln bildete, die aus Eiselementen bestanden. Es dürfte wohl Brandes gewesen sein, der zuerst die Erscheinung den Regenbogenerscheinungen zuzählte, indem er sie „zu den wohl ohne Zweifel mit dem Regenbogen verwandten Phänomenen" rechnete. Er wies auf die Möglichkeit hin, daß Eiskügelchen statt Wassertropfen sie erzeugen könnten, gibt dann aber diese Auffassung wieder auf und fügt bei: „so scheint mir dieser Ring noch einer andern Aufklärung zu bedürfen". Schon Kämtz erklärt mit Bezug auf eine Beobachtung von Scoresby ganz bestimmt: „Der große Bogen von etwa 40° Halbmesser ist ein eigentlicher Regenbogen." Die Abweichungen der gemessenen Halbmesser von den theoretischen des Hauptregenbogens (man fand die Radien gegenüber dem gewöhnlichen Regenbogen viel zu klein) erklärt er aus der Schwierigkeit einer genauen Messung an diesen Bögen; er sagt: „Ich glaube jedoch, daß die wichtigste Ursache dieser Abweichung in der Schwierigkeit liegt, die Dimensionen dieses Ringes scharf zu nehmen; in der Regel ist es eine sehr schlecht begrenzte Lichtmasse, bei deren Messung man sich mehr oder weniger irren kann." Seitdem Kämtz diesen weißen Bogen so entschieden als Regenbogen erklärt hat, wurde er fast ausnahmslos als solcher angesehen und bezeichnet.

Pernter zeigt nun, daß die Bouguerschen Halos, welche man bisher vielfach fälschlich „weiße Regenbogen" nannte, sich erklären als Ergebnis der zweimaligen innern Reflexion in Eiskristallen der Cirruswolken oder der Eisnebel, welche Kombinationen des sechsseitigen Prismas mit der sechsseitigen Pyramide sind. Es entstehen je nach dem Strahlengange Halos, welche den Gegenpunkt der Sonne als Mittelpunkt haben und Halbmesser besitzen von 39 bis 34°.

[1]) Sitzber. der k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. **114**. Abt. IIa. Juli 1905.

Sollten aber in der Zukunft Beobachtungen gemacht werden, welche auf Radien bis zu 26° hinab und bis zu 54° hinauf stoßen würden, so wäre in den von Pernter gefundenen Resultaten die Erklärung dafür schon vorhanden. Es ist ohne weiteres möglich, daß mehrere dieser Bogen auf einmal erscheinen können. So wird vor allem der von 38° 56′ von genau denselben Eiskristallen erzeugt wie der von 35°. Es liegt aber auch kein Grund vor, warum nicht Kristalle mit beiderseitigem Pyramidenansatze gleichzeitig mit solchen von einseitigem Pyramidenansatze vorhanden sein sollen.

Klimatologie.

Die Schwankungen der Zirkulation der Atmosphäre und des Meeres im nordatlantischen Ozeane und ihre Folgen stellte auf Grund seiner Untersuchungen Dr. W. Meinardus dar.[1]) „Zu einer Untersuchung der unperiodischen Schwankungen der nordatlantischen Luftzirkulation lassen sich zwei verschiedene Wege einschlagen. Entweder verfolgt man den Gang der atmosphärischen Erscheinungen auf dem Nordatlantik an der Hand der Monatsisobarenkarten, die in Verbindung mit den bekannten täglichen synoptischen Karten für diesen Ozean von der Deutschen Seewarte und dem Dänischen Meteorologischen Institute nunmehr für sechzehn Jahrgänge herausgegeben sind; oder man bildet Luftdruckdifferenzen zwischen passend gewählten Punkten und läßt deren Schwankungen als Maß für die größere oder geringere Intensität der atlantischen Luftzirkulation gelten. Dieses zweite Verfahren hat den Vorzug, daß man die Erscheinungen für einen viel längern Zeitraum untersuchen kann, vorausgesetzt, daß man solche Orte wählt, an denen die Luftdruckbeobachtungen weit zurückreichen.“ Dr. Meinardus hat diesen letztern Weg betreten.

Bei der Wahl der Stationspaare, deren Luftdruckdifferenzen gebildet wurden, war für ihn die Überlegung entscheidend, daß die Verbindungslinie jedes Stationspaares möglichst senkrecht zum Verlaufe der mittlern Jahresisobaren über dem Nordatlantik gerichtet sein müßte, um die unperiodischen Schwankungen der Luftdruckverteilung in denen der Luftdruckdifferenzen am deutlichsten zum Ausdrucke kommen zu lassen. Zugleich waren solche Orte zu bevorzugen, von denen eine lange Beobachtungsreihe zur Verfügung stand.

Diese Bedingungen treffen für folgende drei Stationspaare zu:

1. Toronto (Ostkanada) und Ivigtut (Südwestgrönland),
2. Ponta Delgada (Azoren) und Stykkisholm (Island),
3. Kopenhagen und Stykkisholm.

„Die Verbindungslinien dieser Stationspaare stehen, wie man sich durch einen Blick auf eine Jahresisobarenkarte überzeugen kann, nahezu senkrecht zur Richtung der normalen Isobaren. Sie verbinden das isländische Depressionsgebiet mit den umgebenden Gebieten hohen Luftdruckes. Der gemeinschaftliche Beobachtungszeitraum beginnt für das erste Paar mit 1875,

---

[1]) Ann. der Hydrographie 1904. p. 357.

für das zweite mit 1866 und für das dritte schon mit 1846. Es wurden nun für jeden Monat die Luftdruckdifferenzen zwischen den zusammengehörigen Orten gebildet und daraus Jahresmittel in der Weise abgeleitet, daß entgegen dem gewöhnlichen Brauche nicht die zwölf Monate des bürgerlichen Jahres (Januar bis Dezember), sondern die zwölf Monate der mit September beginnenden und mit August schließenden Jahrgänge zusammengefaßt wurden. Es hatte sich nämlich durch andere Untersuchungen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, herausgestellt, daß im nordatlantischen Zirkulationssysteme länger dauernde positive oder negative Abweichungen der meteorologischen und ozeanographischen Elemente vom Mittelwerte sehr häufig im Herbste einzusetzen pflegen. Die atmosphärische Zirkulation tritt über dem Nordatlantik wie auch über den benachbarten Festländern in den Herbstmonaten gleichsam in ein neues Lebensjahr ein. Von diesem Gesichtspunkte aus war die Bildung der Jahresmittel aus den Monaten September bis August gerechtfertigt."

Die genauen Untersuchungen des Luftdruckes zwischen den bezeichneten Stationspaaren ließen nun erkennen, daß die Schwankungen der betreffenden Luftdruckdifferenzen im nordwestlichen, zentralen und nordöstlichen Teile des Nordatlantik in der Regel gleichsinnig verlaufen, daß demnach das gesamte nordatlantische Gebiet gleichzeitig von einer Verstärkung oder Abschwächung der normalen, gegen das isländische Aktionszentrum gerichteten Luftdruckdifferenzen und damit auch der atmosphärischen Zirkulation ergriffen zu werden pflegt. Das ganze nordatlantische Gebiet und die benachbarten Küstengebiete bilden in barometrischer Hinsicht eine Einheit, wie das bereits aus den Untersuchungen von Hildebrandsson hervorging, der nachwies, daß das isländische Depressionsgebiet mit dem Hochdruckgebiete der Azoren und seinen Ausläufern im Kompensationsverhältnisse steht.

Diese Tatsache muß nun auch von wesentlicher Bedeutung für die nordatlantische Wasserzirkulation werden; die Schwankungen der atmosphärischen müssen entsprechende Schwankungen der ozeanischen Zirkulation veranlassen. Man darf daher voraussetzen, daß die großen Strömungen des Nordatlantik (nördlich von 40° nördl. Br.), der Golf-, Labrador- und Ostgrönlandstrom mit ihren Verzweigungen und Ausläufern, in ihrem Verhalten gewisse charakteristische Änderungen zeigen, die mit denen der Luftzirkulation korrespondieren. Eine Verstärkung der letztern oder, wenn wir statt der Wirkung die Ursache setzen, eine Vergrößerung der Luftdruckdifferenzen sollte eine Beschleunigung, eine Abschwächung dagegen eine Verzögerung der Strömungen hervorrufen. Änderungen der Geschwindigkeit warmer oder kalter Meeresströmungen machen sich aber in Temperaturschwankungen geltend. Beschleunigte warme Strömungen sind wärmer, verzögerte kälter als normal, und das Umgekehrte gilt für kalte Strömungen, wie Dr. Meinardus das bereits in einer frühern Untersuchung näher ausgeführt und durch Tatsachen belegt hat. Eine weitere Stütze erhalten diese Schlußfolgerungen jetzt durch seine folgenden Ausführungen, denen ein umfangreicheres Beobachtungsmaterial zugrunde liegt.

Es galt zunächst festzustellen, in welcher Weise die unperiodischen Schwankungen der Luftdruckdifferenzen, von denen vorher die Rede war, in den Temperaturschwankungen des Golfstromes zum Ausdrucke kommen.

Im Bereiche des Golfstromes und seiner Verzweigungen liegen an den westeuropäischen Küsten langjährige Beobachtungen der Wassertemperatur von britischen, dänischen, deutschen und norwegischen Stationen vor. Ähnliche Messungen sind zeitweise auch an der Westseite des Atlantik, an der Küste der Vereinigten Staaten, ausgeführt, aber in keiner für den vorliegenden Zweck brauchbaren Form veröffentlicht worden. Sie würden übrigens auch keinen unmittelbaren Einblick in die Schwankungen der Golfstromtemperatur geben, weil die nordamerikanische Ostküste bekanntlich durch einen kalten Wasserstreifen (cold wall) vom Golfstrome getrennt ist.

Die Untersuchung mußte sich demnach auf die unperiodischen Schwankungen der Wassertemperatur an den europäischen (und isländischen) Küstenstationen beschränken. Zur Charakterisierung dieser Schwankungen genügt es, an dieser Stelle aus dem reichen Beobachtungsmateriale zwei Temperaturreihen herauszugreifen. Die eine veranschaulicht die Verhältnisse an der westnorwegischen Küste zwischen Udsire und Ona, die andere die von Horns Riff, dem dänischen Leuchtfeuerschiffe von der Westküste Jütlands. Während für die norwegische Küste aus den Beobachtungen der drei Stationen Udsire, Hellisö und Ona ein gemeinschaftliches Temperaturmittel der Wasseroberfläche für jeden Monat der Jahre 1874 bis 1901 abgeleitet wurde, konnte für Horns Riff, wo täglich außer der Temperatur an der Meeresoberfläche auch die Temperaturen in verschiedenen Tiefenstufen bis 32 *m* herab abgelesen werden, aus diesen Daten der Wärmegehalt einer Wassersäule von 1 *qm* Querschnitt und 32 *m* Tiefe für jeden Monat der Jahre 1880 bis 1902 berechnet werden. Es sind also die Schwankungen der Wasseroberflächentemperaturen an der norwegischen Küste und die des Wärmegehaltes einer Wassersäule bei Horns Riff, die von Dr. Meinardus mit den Schwankungen der Luftdruckdifferenzen in Vergleich gestellt werden.

Um den Zusammenhang der fraglichen Erscheinungen näher zu untersuchen und augenfällig zu machen, hat er den von Buys Ballot in die Meteorologie eingeführten Begriff des Übermaßes verwendet. Unter Übermaß eines Elementes, z. B. der Temperatur, versteht man die algebraische Summe der Abweichungen (der Temperatur) von einem beliebig gewählten Zeitpunkte ab gerechnet. Wenn eine ununterbrochene Reihe positiver Abweichungen aufeinander folgt, so nimmt demnach das Übermaß beständig zu; es nimmt stetig ab zu Zeiten andauernden Defizits. Man kann von jedem Elemente den Betrag des Übermaßes berechnen, so auch von den hier in Frage stehenden Luftdruckdifferenzen oder vom wechselnden Wärmegehalte der Wassersäule bei Horns Riff.

Dr. Meinardus gibt zur Veranschaulichung zunächst eine auf 21 jährigen Beobachtungen beruhende Tabelle der normalen Monatswerte des Wärmegehaltes der oben erwähnten Wassersäule von 1 *qm* Querschnitt und 32 *m* Tiefe bei Horns Riff an der Westküste Jütlands in Kilogramm-Kalorien und der Abweichungen vom mittlern Werte in gewissen Jahren. Diese Tabelle lehrt, daß der normale jährliche Wärmeumsatz in der betreffenden Wassersäule 410 000 *kg*-Kalorien beträgt und die Extremwerte erst im März (84 000) und September (494 000) eintreten. Aber schon die drei Jahrgänge 1880 bis 1882 beweisen, wie außerordentlich groß die unperiodischen Schwankungen sind. Im März 1881 enthielt die Wassersäule 66 000 *kg*-Kalorien zu wenig, im gleichen Monate des nächsten Jahres (1882) aber 80 000 *kg*-Kalorien zu viel; die Abweichungen waren im März und in den benachbarten Monaten einiger spätern Jahrgänge noch größer, und der Unterschied der extremsten Werte eines Monates erreicht mit 180 000 *kg*-Kalorien fast die Hälfte des normalen jährlichen Wärmeumsatzes.

In ähnlicher Weise hat Dr. Meinardus auch die Werte des Übermaßes für die Wassertemperatur an der norwegischen Küste und für die Luftdruckdifferenz Kopenhagen — Stykkisholm berechnet. Mittels dieser Werte erhält man Kurven, die in ausgezeichneter Weise diejenigen Zeiträume hervortreten lassen, in denen die Tendenz zu positiven, bzw. negativen Abweichungen vorherrscht.

Man hat also mit dieser Methode ein bequemes Mittel in der Hand, mit einem Blicke überschauen zu können, wie sich die positiven und negativen Abweichungen in einem längern Zeitraume verteilen, zugleich aber gibt der Vergleich mehrerer solcher Kurven, die gemeinsamen oder ungleichartigen Beziehungen leicht zu erkennen.

Die Untersuchung lehrt nun, daß die Wärmegehaltskurven mit der Kurve, welche die Luftdruckunterschiede darstellt, übereinstimmen, mit

andern Worten: „daß positive (negative) Luftdruckdifferenzen über dem Nordostatlantik, also eine Verstärkung (Abschwächung) der atlantischen Zirkulation mit erhöhtem (verrringertem) Wärmegehalte der Wasserschichten, bzw. deren Oberflächentemperatur an der europäischen Küste zusammenfallen oder aber ihnen um ein bis drei Monate voraufgehen. Denn die Wendepunkte der Übermaßkurven der Luftdruckdifferenzen werden in der Regel um einige Monate eher erreicht als die der Temperatur und des Wärmegehaltes. Im Jahre 1885 verzögerte sich der Eintritt des Wendepunktes sogar um ein halbes Jahr."

Der relativ gleichmäßige Verlauf der Kurve ist ferner ein Beweis dafür, daß die Tendenz zu positiven und negativen Abweichungen der Luftdruckdifferenzen und der Temperatur längere Zeit anzuhalten pflegt. Unter Nichtberücksichtigung kurzer Unterbrechungen beträgt die Dauer gleichen Vorzeichens im westeuropäischen Küstengebiete durchschnittlich nicht weniger als ein Jahr. Die Tendenz zum Wechsel des Vorzeichens ist, wie schon angedeutet, im Herbste am größten.

„Diese Tatsachen," sagt Dr. Meinardus, „beweisen den engen Zusammenhang zwischen der atmosphärischen Zirkulation über dem Nordatlantik und der Wärmeführung des Golfstromes an der europäischen Küste aufs deutlichste. Schwankungen in der Intensität der Zirkulation machen sich in der Regel erst nach Ablauf einiger Monate in einer veränderten Wärmeführung des Wassers an der Küste geltend, wie es der Fall sein muß, wenn die Wärme aus größerer Entfernung herbeigeführt wird. Die lange Andauer gleichen Vorzeichens deutet darauf hin, daß Kräfte vorhanden sind, welche die einmal eingeleitete Verstärkung oder Abschwächung der atmosphärischen Zirkulation zu erhalten suchen."

Dr. Meinardus wendet sich nun zum nordwestlichen Teile des Nordatlantik, um zu untersuchen, welche Wirkungen die Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation dort hervorrufen. Es kommt in erster Linie der Labradorstrom in Betracht, dessen Intensitätsschwankungen ihren Ausdruck in der wechselnden Eisführung bei Neufundland finden dürften. Fortdauernde Messungen der Strömungsgeschwindigkeit gibt es im Labradorstrome ebenso wenig wie in irgend einer andern Meerströmung; man muß sich also an andere Indizien halten, die einen Maßstab für die Intensität der Strömung geben können, und da kann für den Labradorstrom einzig und allein die Eisführung in Frage kommen.

Eine Charakterisierung des Eisreichtumes bei Neufundland hat Dr. Meinardus aus sämtlichen bis jetzt vorhandenen brauchbaren Beobachtungen abgeleitet, und zwar so, daß er ein sehr eisreiches Jahr mit +2, ein sehr eisarmes mit —2, ein normales mit 0 bezeichnete. Wurde nun eine Kurve gezogen, die den wechselnden Eisreichtum bei Neufundland veranschaulicht, und diese mit den Kurven der Luftdruckdifferenzen, welche die Schwankungen der allgemeinen Luftzirkulation über dem Nordatlantik darstellen, verglichen, so fiel eine weitgehende Übereinstimmung im Verlaufe derselben in die Augen. „Es besteht also ein enger Zusammenhang zwischen der Stärke der nordatlantischen Luftzirkulation und der Eisführung des Labradorstromes in dem Sinne, daß eine Verstärkung der Zirkulation mit einer Verminderung des Eisreichtumes bei Neufundland zusammenfällt."

Eine weitere Untersuchung ergab, daß für die Größe des Jahresmittels (September bis August) der Luftdruckdifferenzen im einzelnen Jahrgange in der Regel die Herbst- und Wintermonate entscheidend sind. Aus dieser Tatsache aber folgt, wie Dr. Meinardus hervorhebt, die Möglichkeit, aus dem Werte der Luftdruckdifferenzen im Herbste und Winter den Charakter der zukünftigen Eissaison bei Neufundland im voraus abzuschätzen. „Nach einer eingehenden Prüfung der Verhältnisse in den letzten drei bis vier Jahrzehnten gibt

1. die Luftdruckdifferenz Toronto—Ivigtut für den Zeitraum September bis Januar oder

2. die Luftdruckdifferenz Kopenhagen—Stykkisholm für den Zeitraum August bis Januar (oder Februar)

die Grundlage für die beste Prognose.

„Eine starke positive Abweichung dieser Luftdruckdifferenzen läßt für das kommende Frühjahr eine bedeutende, eine starke negative dagegen eine geringe Eisdrift erwarten. Man würde also Anfang Februar die Abweichung der Luftdruckdifferenz des angegebenen Zeitraumes vom normalen Werte zu berechnen und daraus einen Schluß auf den Charakter der Eissaison zu ziehen haben.

Im Zeitraume 1875 bis 1900 ging den sieben eisreichsten Jahren eine mittlere Abweichung der Luftdruckdifferenz Toronto—Ivigtut von +2.2 *mm* voraus, in den sechs eisärmsten eine Abweichung von — 2.6 *mm*. Für die Luftdruckdifferenz Kopenhagen—Stykkisholm stellten sich im Zeitraume 1860 bis 1900 die entsprechenden Abweichungen auf +2.7 *mm* (Mittel aus den zehn eisreichsten Jahren) und — 3.9 *mm* (Mittel aus den acht eisärmsten Jahren).

Diese Methode der Eisprognose setzt demnach voraus, daß man rechtzeitig über die Luftdruckverhältnisse des Herbstes und Winters auf Island und in Südwestgrönland bei uns unterrichtet werde, ein Grund mehr, daß die lange geplante telegraphische Verbindung der dänischen Kolonien mit dem Mutterlande endlich zur Ausführung komme. Bis dahin wird man sich aus den festländischen Luftdruckbeobachtungen und den Windverhältnissen über den britischen Inseln und über dem östlichen Kanada eine Vorstellung über die Entwicklung der nordatlantischen Zirkulation zu bilden haben, wozu mit Vorteil auch die internationalen Dekadenberichte herangezogen werden könnten, die auch die Luftdruckverteilung über dem mittlern Teile des Ozeanes wiedergeben.“

Dies liefert die Bestätigung einer Vermutung, die Dr. Meinardus bereits vor sechs Jahren ausgesprochen hat, daß nämlich eine Verstärkung der atlantischen Zirkulation auf den beiden gegenüberliegenden Seiten des Nordatlantik einen entgegengesetzten Einfluß auf die Wärmeführung der Meerströmungen ausübt. „Indem sie den Golfstrom beschleunigt, erhöht sie die Temperatur an den westeuropäischen Küsten, indem sie aber gleichzeitig den Labradorstrom beschleunigt, vermehrt sie dessen Eisführung, und höchstwahrscheinlich vermindert sie gleichzeitig dessen Temperatur, was allerdings aus Ermanglung von Messungen bisher nicht näher hat festgestellt werden können. Bei abgeschwächter Zirkulation findet das Gegenteil statt. In beiden Fällen tritt in der Äußerung der vermehrten oder verminderten Wasserbewegung auf die Temperatur-, bzw. Eisverhältnisse eine Verspätung von mehrern Monaten ein, wodurch eben die Möglichkeit einer Prognose für beide Seiten des Atlantik gegeben ist. Eine ähnliche Verzögerung der Wirkung hat auch kürzlich Dr. W. Brennecke bezüglich der Luftdruckverteilung über dem nordöstlichen Atlantik und der Eisführung des Ostgrönlandstromes konstatiert.

Infolge der entgegengesetzten thermischen Wirkung, welche die Verstärkung (oder die Abschwächung) der nordatlantischen Zirkulation auf die gegenüberliegenden Seiten des Nordatlantik ausübt, wird offenbar der gesamte Wärmevorrat im Nordatlantik nur verhältnismäßig wenig affiziert werden, die höhere Wärme auf der einen Seite wird durch die größere Kälte auf der andern mehr oder minder aufgewogen. Die atlantische Zirkulation mit ihren unperiodischen Schwankungen versieht die Funktion eines selbsttätigen Wärmeregulators, der Wärmezu- und -abgang innerhalb gewisser Grenzen hält. Es ließe sich auch der entgegengesetzte Fall denken, daß nämlich eine beschleunigte Zirkulation außer einer Vermehrung der Eisführung des Labradorstromes gleichzeitig eine Verminderung der Temperatur des Golfstromes herbeiführte. In diesem Falle würden die Schwankungen der Zirkulation in sehr empfindlichen Veränderungen des Wärmezustandes des Nordatlantischen Ozeanes zum Ausdrucke kommen.“

Wie Dr. Meinardus nachgewiesen, folgt also großen (kleinen) Luftdruckdiffernzen zwischen Kopenhagen und Stykkisholm von September bis Januar Eisreichtum (Eisarmut) bei Neufundland im Frühjahre. Nun hat er früher nachgewiesen, daß dieselben Luftdruckdifferenzen maßgebend sind für die Frühjahrstemperatur in Mitteleuropa.[1]) Es fallen demnach in den meisten Fällen eisreiche Jahre bei Neufundland mit warmen Frühjahren (Februar bis April) in Mitteleuropa zusammen, eisarme Jahre mit kalten. Diese Tatsache widerspricht den oft von Laien geäußerten, in den Tagesblätter auftauchenden Vorstellungen von einer unmittelbaren Einwirkung der Eisverhältnisse von Neufundland auf die europäische Witterung. Da diese Vorstellungen mehr auf einem unbestimmten Gefühle oder auf einer falschen Verallgemeinerung vorübergehender Witterungszustände beruhen, bedürfen sie keiner weitern Widerlegung.

Indessen ist, wie Dr. Meinardus hervorhebt, die Möglichkeit zu erwägen, daß die Temperatur des Golfstromes durch den Schmelzprozeß bei Neufundland nachhaltig beeinflußt wird, und daß ihm daher in eisreichen Jahren, die zugleich eine Verstärkung des kalten Labradorstromes anzeigen, eine negative, in eisarmen Jahren eine positive Temperaturabweichung an dieser Stelle zugeteilt und mit auf den Weg gegeben wird. „Da das Wasser des Golfstromes unter normalen Verhältnissen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Jahre gebraucht, um von Neufundland aus die Küsten Großbritanniens und Norwegens zu erreichen, so dürfte man a priori erwarten, nach einer großen Eissaison, deren Höhepunkt in den April oder Mai fiele, die ersten Anzeichen einer negativen Temperaturabweichung an den Küsten Europas gegen Ende des Jahres anzutreffen. Diese Schlußfolgerung bestätigt sich in der Tat in manchen Fällen, in einigen entscheidenden dagegen nicht, so nach den Eisjahren 1882 und 1884. Es folgen anderseits auf sehr eisarme Jahre bei Neufundland, wie 1892, auch sehr niedrige Wintertemperaturen in den europäischen Meeren (1893). Es scheint demnach der vermutete Zusammenhang nicht den Charakter einer Gesetzmäßigkeit an sich zu tragen, die erlauben würde, eine einigermaßen sichere Temperaturprognose für Westeuropa darauf zu gründen.

„Diese Tatsache mag auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen, indessen gibt folgende Überlegung vielleicht eine Erklärung dafür an die Hand. Die kalten, wenn auch salzärmern Wasser des Labradorstromes tauchen östlich und südlich von Neufundland als die schwerern unter die hochtemperierten, obgleich salzreichern des Golfstromes unter und setzen in der Tiefe vermutlich ihren Weg nach Süden hin fort. Eine belangreiche Vermischung der heterogenen Wasser wird vielleicht in der untern Grenzschicht des Golfstromes stattfinden, aber kaum in seinen obern Schichten. Wassertemperaturschwankungen des Labradorstromes dürften sich also mehr auf die tiefern als auf die obern Schichten des Nordatlantik übertragen. Anders verhält es sich mit der wechselnden Eisführung. Die Eisberge tauchen nicht mit den Wassern, die sie aus Norden herbeiführten, unter, sondern verlieren beim Zusammentreffen mit dem Golfstrome allmählich ihren ursprünglichen Boden unter den Füßen, sie werden direkt in die wärmere Strömung hineingetragen, sie schmelzen im Golfstromwasser, und dieser Prozeß muß allerdings dazu beitragen, ein mit der Eismenge wechselndes Maß von Wärme dem Golfstromwasser zu entziehen. In eisarmen Jahren wird die Abkühlung gering sein, und daraus wohl eine positive Temperaturabweichung im Golfstrome resultieren, das Entgegengesetzte sollte in eisreichen Jahren stattfinden.

Nun liegt aber gerade südlich und südöstlich von Neufundland der Hauptdivergenzpunkt der von Süden herkommenden warmen Strömung. Der Golfstrom geht von hier aus fächerförmig auseinander, die linksseitigen Stromfäden laufen in die Davisstraße hinein, die rechtsseitigen nehmen den Kurs südlich der Azoren. Diese Stromzerteilung muß nun auch verteilend wirken

[1]) Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. 1898. p. 198; Met. Zeitschr. 1898. p. 94.

auf die Schmelzwasser der Eismassen, die an sich schon immerhin doch nur einen sehr kleinen Bruchteil der vom Golfstrome geführten Wassermassen ausmachen, der abkühlende Effekt wird mit der Entfernung vom Strahlungspunkte immer mehr verblassen. Oder aber die abkühlende Wirkung teilt sich überhaupt nur dem einen oder andern Stromzweige mit, während die andern davon unberührt bleiben. Daraus würde dann zu folgern sein, daß der Eisreichtum bei Neufundland nicht regelmäßig den Zweig des Golfstromes zu beeinflussen braucht, der gegen die nordwesteuropäischen Küsten gerichtet ist."

Die dritte Strömung des Nordatlantik, die für die gesamte Zirkulation und die Temperaturverhältnisse Bedeutung hat, ist der ostgrönländische Polarstrom mit seinen Verzweigungen, insbesondere die zwischen Jan Mayen und Island nach Südosten laufende sogenannte ostisländische Strömung, die für die Eisverhältnisse bei Island von Einfluß wird.

W. Brennecke hat vor kurzem den Nachweis erbracht, daß für den Charakter der Eisverhältnisse im ostgrönländischen Meere die Luftdruckdifferenzen zwischen 70° nördl. Br. 20° westl. L. und 70° nördl. Br. 20° östl. L. im Frühjahre (März bis Mai) maßgebend zu werden pflegen. Durch große Luftdruckunterschiede werden die nordöstlichen Winde über dem Eisstrome beschleunigt, die dann ihrerseits die Eismengen schneller und in größerer Menge südwärts treiben. Diese Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Eisverhältnissen, die der vom Labradorstrome ganz analog zu sein scheint, veranlaßte Dr. Meinardus, um einen längern Beobachtungszeitraum und auf festem Lande gelegene Beobachtungsorte verwenden zu können, die Luftdruckdifferenzen zwischen Stykkisholm (Island) und Vardö oder Christiansund (Norwegen) mit den Eisvorkommnissen bei Island in Vergleich zu stellen, welch letztere sich für ungefähr 100 Jahre einigermaßen charakterisieren lassen. Es zeigte sich, daß auch hier im allgemeinen (d. h. in 70 bis 80% der Fälle) die erwähnte Beziehung statthaft, daß also relativ hoher Luftdruck auf Island im Winter und Frühjahre Eisreichtum, niedriger Luftdruck Eisarmut im Gefolge zu haben pflegt.

„Nun ist aber," fährt er fort, „die relative Höhe des Luftdruckes bei Island auch wesentlich mitentscheidend für die größere oder geringere Entfaltung der nordatlantischen Zirkulation und für ihre Folgeerscheinungen hinsichtlich der Temperatur in Westeuropa im Winter und in Mitteleuropa im Frühjahre, sowie für die Eisverhältnisse bei Neufundland. Da hoher Druck bei Island einerseits eine vermehrte Eisführung bei Island, anderseits eine verminderte nordatlantische Zirkulation mit ihren Folgen bewirkt, niedriger Druck dagegen eine Verminderung der Eisführung bei Island und eine Verstärkung der atlantischen Zirkulation mit ihren Folgen, so hängen folgende Erscheinungen aufs engste miteinander zusammen:

A. 1. Schwache atlantische Zirkulation,
2. niedrige Wassertemperaturen an der europäischen Küste,
3. Eisarmut bei Neufundland,
4. Eisreichtum bei Island

oder aber

B. 1. starke atlantische Zirkulation,
2. hohe Wassertemperaturen an der europäischen Küste,
3. Eisreichtum bei Neufundland,
4. Eisarmut bei Island.

Es gibt naturgemäß Ausnahmen von diesen Regeln, wie es nicht anders zu erwarten ist; denn ein Ineinandergreifen so vieler Faktoren läßt sich nicht restlos durch eine kurze Formel umgrenzen. Es kommen gelegentlich Abweichungen in dem einen oder andern Sinne vor. Nicht immer fällt der Eisreichtum bei Island mit Eisarmut bei Neufundland zusammen und umgekehrt. So war das Jahr 1882 gleichzeitig eisreich bei Island und bei Neufundland, Eisarmut in beiden Gebieten ereignete sich z. B. 1900. Aber meistens trifft die

oben angegebene Regel zu. Die Jahre 1864, 1875, 1880, 1884, 1890, 1894 und 1903, die bei Island eisarm waren, rechnen zu den schwersten Eisjahren bei Neufundland, während die für Island eisreichen Jahre 1881, 1888, 1892, 1902 als ungewöhnlich eisarm bei Neufundland geschildert werden.

Wenn Ausnahmen von dieser gegensätzlichen Entwicklung der Eissaison an den beiden Seiten des Ozeanes vorkommen, so scheinen sie meist durch ein abnormes Verhalten in den isländischen, nicht in den neufundländischen Gewässern bedingt zu sein. Die Eisverhältnisse bei Neufundland entsprechen mit andern Worten fast stets der oben abgeleiteten gesetzmäßigen Beziehung zur atlantischen Zirkulation, während das bei Island nicht so oft der Fall ist. Dies kann nicht überraschen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß nach Brennecke die Ausbildung des Luftdruckminimums im nördlichen Eismeere für den Eisreichtum im Ostgrönlandstrome von wesentlicher Bedeutung ist. Es wird also auch die Ausbildung der Luftzirkulation im äußersten Nordosten des Nordatlantik mit entscheidend, und es wird sich im Einzelfalle darum handeln, nachzuweisen, wie stark dieser Faktor mit der oben angegebenen Beziehung in Konkurrenz tritt, wann er eine Ausnahme von der vorher formulierten Regel bewirkt. Im Jahre 1882 war, wie bemerkt, ein solcher Ausnahmefall eingetreten. Der Eisreichtum bei Neufundland entsprach der großen Verstärkung der nordatlantischen Zirkulation, aber auch bei Island erfolgte eine starke Eisblockade, entgegen obiger Regel. Es war die Folge einer ungewöhnlichen Vertiefung des Luftdruckminimums am Nordkap. Andere, scheinbare Ausnahmen von der Regel können dadurch hervorgerufen werden, daß sich der durch die Dänemarkstraße gehende Zweig des Ostgrönlandstromes auf Kosten des ostisländischen mit Eis belädt, so daß die polaren Küsten Islands relativ eisarm sind, und die dortigen Beobachtungen keinen Aufschluß über den wahren Eischarakter eines solchen Jahres geben.

Außer diesen Faktoren kommen noch andere in Betracht, über welche wir erst in letzter Zeit durch die Bemühungen des in Kopenhagen unter Gardes Leitung zentralisierten Nachrichtendienstes der arktischen Eisverhältnisse fortlaufend orientiert werden. Insbesondere spielt die Frage eine Rolle, ob im Quellgebiete der Polarströme ein großer Eisvorrat sich angesammelt hat und der Verfrachtung in niedere Breiten harrt, oder ob, trotz einer kräftigen Entwicklung der Polarströme, die Eisführung eine beschränkte bleiben muß, weil die Eiszufuhr in ihrem Quellgebiete eine geringe oder behinderte ist.

Schon diese Überlegung zwingt uns, zur Erklärung der Erscheinungen im Einzelfalle über die engern Grenzen des Untersuchungsgebietes hinauszugehen, aber dasselbe gilt noch in viel höherm Grade, wenn wir versuchen wollen, den Ablauf der Erscheinungen im Großen von Jahr zu Jahr zu verfolgen, die Ursachen zu ergründen, die bald eine Verstärkung, bald eine Abschwächung der nordatlantischen Zirkulation hervorrufen. Dazu bedürfte es vor allem auch eines tiefern Einblickes in die ozeanischen und meteorologischen Verhältnisse der Tropen, und davon sind wir leider heutzutage noch sehr weit entfernt."

Leipzig, Oskar Leiner. 7862

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte
auf den Gebieten der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern
herausgegeben
von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XVII. Jahrgang 1906.
Mit fünf Tafeln in Schwarz- und einer Tafel in Buntdruck.

EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1907.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Gestalt der Sonne. Dem Schlusse, welchen Lane Poor über eine periodische Veränderung der Gestalt der Sonne gezogen hat,[1]) ist Prof. Ambronn bezüglich der Göttinger Messungen entgegengetreten. Er weist nach, daß diese letztern eine etwaige Periodizität nicht anzeigen, und bemerkt, daß alle diese Fragen über etwaige Periodizität in den Werten des Sonnendurchmessers und die Koinzidenz derselben mit andern ähnlichen Erscheinungen von ihm jahrelang erwogen und durch sehr zahlreiche Zusammenstellungen geprüft worden seien, ohne daß er in den Göttinger Messungen dafür eine sichere Bestätigung gefunden habe.

Die Temperatur der Sonne. Der französische Chemiker Moissan hat gefunden, daß sämtliche bekannten Metalle im elektrischen Ofen verflüssigt und destilliert werden können. Ferner hatte er bereits nachgewiesen, daß Bor und Kohlenstoff bei der hohen Temperatur des elektrischen Ofens und bei Atmosphärendruck in den gasförmigen Zustand übergingen, ohne verflüssigt zu werden, während Titan unter diesen Bedingungen flüssig wurde. Wie neuere Versuche von Moissan zeigen, kann jedoch auch Titan im elektrischen Ofen (mit einem Strom von 500 Ampère und 110 Volt während 5 Minuten, oder von 1000 Ampère und 55 Volt während 7 Minuten) destilliert werden, so daß mit Hilfe des elektrischen Stromes alle auf der Oberfläche der Erde vorkommenden einfachen wie zusammengesetzten Stoffe in gasförmigen Zustand übergeführt werden können. Diese Tatsachen veranlaßten Moissan zu Betrachtungen über die Temperatur der Sonne. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Sonnenmasse nicht nur aus gasförmigen Stoffen besteht, sondern einen festen oder flüssigen Kern besitzt. Die maximale Temperatur des elektrischen Bogens, gemessen nach Violle, liegt nahe bei 3500°. Da bei dieser Temperatur alle bekannten Körper auf der Erde wie auf der Sonne gasförmig sind, so kann sich die Temperatur der Sonne kaum über

[1]) Vergl. dieses Jahrbuch **16**. p. 6.

3500° erheben. Allerdings ändern größere Drucke diese für unsern Atmosphärendruck gültigen Daten für die Verdampfung der verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Körper; doch werden diese Temperaturen kaum viel höhere Zahlen als die bereits angegebenen erreichen und wahrscheinlich zwischen denen von Wilson (6590°) und von Violle (2000 bis 3000°) schwanken und diesen letztern näher stehen.[1])

Die Helligkeit der Sonne in Sterngrößen. Versuche, die Lichtmenge der Sonne mit derjenigen eines Fixsternes zu vergleichen, sind auf Grund exakter photometrischer Messungen bisher nur von Zöllner angestellt worden. Kürzlich hat jedoch Prof. Ceraski dieselbe mit einem neuen Photometer wiederholt.[2]) Er wurde hierzu veranlaßt durch den Umstand, daß im Frühlinge 1903 der Planet Venus in einer günstigen Lage sich befand, um mittels desselben Helligkeitsvergleichungen einerseits mit der Sonne, anderseits mit einem Fixsterne auszuführen. Zu diesem Zwecke wurde ein Zöllnersches Photometer benutzt und die Intensität des Sonnenbildes bestimmt, das von der Oberfläche einer auf der Spitze des meteorologischen Turmes des Observatoriums angebrachten Linse zurückstrahlte. Es ergab sich für Venus 112 Tage vor der untern Konjunktion, daß deren Helligkeit in dieser Stellung zur Erde und Sonne sich zur Helligkeit der Sonne verhielt wie 1 zu 1510 Millionen. Nach dem Untergange der Sonne wurde dann die Helligkeit der Venus photometrisch mit der von *α* im großen Löwen verglichen. Prof. Ceraski war nicht wenig darüber erstaunt, welche fast unübersteiglichen Schwierigkeiten dieser letztere Teil seiner Arbeit verursachte. Auf dem klaren Himmelsgrunde präsentierte sich der Stern *α* Leonis wie ein stark funkelnder, leuchtender Punkt ohne merklichen Durchmesser, während Venus, die in lebhaftem, ruhigem Glanze strahlte, die photometrische Vergleichung beider aufs äußerste erschwerte Im Frühlinge 1905 war der Planet Venus wiederum in günstiger Position zu derartigen Beobachtungen, und Prof. Ceraski hoffte, dieses Mal bessere Resultate zu erhalten, eine Hoffnung, die auch nicht getäuscht wurde. Die Beobachtungen waren in der Tat viel bequemer und genauer, nur war die Phase der Venus schon etwas klein, doch war dieser Umstand unwichtig, da sie in dem kleinen Beobachtungsfernrohre kaum merklich war. Im Mittel aus allen Vergleichungen ergab sich, daß die Sonne uns zusendet

290550 Millionen mal mehr Licht als der Polarstern
77670 „ „ „ „ „ „ Procyon
17045 „ „ „ „ „ „ Sirius.

Bedenkt man die Schwierigkeiten dieser Messungen, so ist die Abweichung dieses letzten Resultates von dem von Zöllner früher

[1]) Compt. rend. **142**, 673, 1906 durch Naturw. Rundschau.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4065.

gefundenen Werte nicht allzugroß. Nach der gewöhnlichen Skala der Sterngrößen und unter Zugrundelegung des Potsdamer Katalogs, ist der Polarstern von der Größe 2.15, Procyon 0.56 und für Sirius, der erheblich heller als ein Stern 1. Größe ist, müßte man die Größe von — 1.09 ansetzen. Indessen macht Prof. Ceraski darauf aufmerksam, daß es einigermaßen paradox klingt, die Helligkeiten der hellsten Sterne durch negative Größen zu bezeichnen, und dies vollends für die Sonne gilt, deren Helligkeit doch gewissermaßen das Positivste ist, was man sich vorstellen kann. Er schlägt daher vor, Sternhelligkeiten über 1. Größe als Supergrößen zu bezeichnen. Hiernach ist die Helligkeit der Sonne in Sterngröße zu 26.59 sup. mag. anzusetzen.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1905 wurde von Prof. Wolfer (Zürich) in der altgewohnten Weise festgestellt.[1]) In der folgenden Tabelle sind die monatlichen Fleckenrelativzahlen, welche sich aus den Beobachtungen zu Zürich und aus sämtlichen übrigen Aufzeichnungen ergaben, zusammengestellt.

1905	Beob.-Tage	Fl. freie Tage	Relativzahl
Januar	31	1	54.8
Februar	28	0	85.8
März	31	0	56.5
April	30	0	39.3
Mai	31	1	48.0
Juni	30	0	49.0
Juli	31	1	73.0
August	31	0	58.8
September	30	0	55.0
Oktober	31	0	78.7
November	30	0	107.2
Dezember	31	0	55.5
Jahr	365	3	63.5

Das Jahresmittel ergibt als definitiven Wert für 1905 $r = 63.5$. Gegenüber dem letzten Jahre ($r = 42.0$) beträgt die Zunahme 21.5 Einheiten, somit wieder annähernd gleichviel wie von 1902 bis 1903 und von 1903 bis 1904. „Der aufsteigende Teil der gegenwärtigen elfjährigen Fleckenkurve verläuft also im jährlichen Durchschnitte schon seit 1902 mit fast konstantem Gradienten, und es ist von einer stärkern Zunahme, wie sie der Eintritt eines hohen Maximums verlangt hätte, auch in diesem Jahre nichts zu bemerken.

Dagegen schwanken die Monatsmittel bedeutend stärker als im Vorjahre; sie bewegen sich zwischen $r = 39$ und 107 und zeigen auch von einem Monate zum andern viel stärkere und unregelmäßigere Sprünge, die bekannte Tatsache bestätigend, daß mit der absoluten

[1]) Astron. Mitt. Nr. XCVII, Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich 1906

Stärke des Fleckenphänomens auch die Stärke seiner Veränderlichkeit zunimmt. Der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Monatsmittel betrug im vorigen Jahre 34, in diesem Jahre 68, also das Doppelte; immerhin reicht auch die Größe dieser Schwankung noch lange nicht an jene heran, die man beispielsweise bei den hohen Maxima von 1870, 1848 und 1837 findet.

Bemerkenswert ist ferner, daß, während das Jahr 1904 nur noch einen fleckenfreien Tag aufwies, in diesem Jahre deren drei notiert wurden. Von diesen ist jedoch Januar 6 nur durch eine einzige Beobachtung belegt, Januar 5 und 7 waren einige nicht unbedeutende Gruppen sichtbar, die vermutlich auch Januar 6 bestanden, und somit fällt dieser Tag wahrscheinlich nicht in Betracht. Dagegen wird Mai 24 von sieben Beobachtern übereinstimmend als fleckenfrei angegeben und Juli 28 ebenso von zehn Stationen (so auch in Zürich), während in Catania und Lyon einige kleine Fleckengruppen gesehen worden sind. Es wird dies nur deshalb angeführt, weil es für die geringe Stärke eines Maximums bezeichnend ist, wenn in seiner unmittelbaren Nähe überhaupt fleckenfreie Tage auftreten. Beim Maximum von 1894.1 war in den drei Jahren 1892 bis 1894 kein einziger solcher vorhanden, dagegen fanden sich beim Maximum von 1883.9 im Maximumjahre selbst deren drei, im vorangehenden Jahre zwei, im nachfolgenden keiner. Es liegt auch darin ein Anzeichen, daß der Charakter des gegenwärtigen Maximums etwa mit dem des Maximums von 1883, das ein sehr niederes war, übereinstimmen dürfte.

Soweit die Beobachtungen von 1906 bis jetzt vorliegen, deuten sie darauf hin, daß das Maximum vermutlich schon überschritten ist; es scheint aber angemessen, mit der Bestimmung seiner Epoche noch bis zum Schlusse von 1906 zu warten, um so mehr, als ihr wie bisher immer, nicht die beobachteten, sondern die ausgeglichenen Relativzahlen zugrunde gelegt werden, welche die beobachteten Zahlen wenigstens bis zur Mitte von 1906 erfordern und erst mit der Statistik für 1906 publiziert werden können.

Den Verlauf der Fleckenhäufigkeit im einzelnen während des Jahres und die Gruppierung der sekundären Maxima und Minima zeigt im Durchschnitte nur noch ein geringes Ansteigen der Kurve vom Anfange gegen das Ende des Jahres hin, namentlich wenn man die drei Erhebungen vom Januar bis März mit in Betracht zieht; der übrige Teil der Kurve vom März an würde andeuten, daß das Jahr 1905 in seiner ganzen Dauer noch zum aufsteigenden Teile der elfjährigen Kurve gehöre.

Der Annäherung an das Hauptmaximum entsprechend, ist der Verlauf der Kurve im einzelnen sehr viel unregelmäßiger als im Vorjahre; die Amplituden der sekundären Wellen sind bedeutend größer geworden, und die Übergänge von Maxima zu tiefen Minima und umgekehrt an manchen Stellen sehr schroffe, was übrigens

nicht bloß auf rasche Schwankungen der Tätigkeit als solcher, sondern auch auf starke Ungleichheiten ihrer Verteilung in der Richtung der Sonnenrotation hinweist.

Drei annähernd auf die gleiche Rotationsphase fallende Maxima treten im Januar, Februar und März auf, und zu ihnen ist auch dasjenige zu rechnen, das Anfang Dezember 1904 als erstes dieser zusammengehörigen Gruppe sich einstellte. Es folgt dann eine Periode relativer Ruhe während der Monate März bis Juli, nur im Mai durch ein isoliertes Maximum mittlerer Höhe unterbrochen. Mitte Juli steigt die Kurve rasch zu einem beträchtlich hohen Maximum an, das sich etwas schwächer nochmals in derselben Rotationsphase, in der ersten Hälfte des August, wiederholt und stark vermindert auch noch am Schlusse der Rotation 602 zu erkennen ist, nachher aber noch dreimal, am Schlusse der Rotationen 603, 604 und 605 verstärkt wiederkehrt. Gleichzeitig macht sich um Mitte Oktober in Rotation 604 noch ein weiteres, von den eben genannten scharf getrenntes Maximum von bedeutender Stärke, aber kurzer Dauer bemerkbar, dessen Wiederholung Mitte November in Rotation 605 zu der höchsten Erhebung dieses Jahres geführt hat.“

Die Untersuchung zeigt ferner, „daß die drei Maxima im Januar, Februar und März durch eine Ansammlung von zum Teile sehr beträchtlichen Fleckengruppen während der Rotationen 594 bis 596 in den Längen 320 bis 200° und namentlich durch die nur wenig westlicher gelegene außerordentlich große Gruppe in ca. 5° Länge entstanden. Auf diesem Gebiete hat die Tätigkeit sich bis in den März hinein in wenig veränderter Stärke erhalten, und die zwischen den drei Maxima liegenden Minima sind nur die Folge der geringern Fleckenbildungen auf der gegenüberliegenden, zur Zeit jener Minima uns zugekehrten Halbkugel der Sonne. In Rotation 596 und 597 ist die Tätigkeit allgemein gesunken und hat erst in Rotation 598 wieder zu wachsen begonnen, wo in der Umgebung der Längen 210 und 90° neue stärkere Fleckenbildungen stattfanden und das auf Mitte Mai fallende mäßig hohe Maximum erzeugten; auf die gleiche Ursache ist das etwas geringere in Rotation 599 zurückzuführen, wo die Zahl der Fleckengruppen sich wieder vermindert hatte.

Mit Rotation 600 beginnt eine allgemeine Zunahme der Tätigkeit auf zwei annähernd diametral liegenden Gebieten der Sonnenoberfläche, denen von Juli bis Dezember rasch aufeinanderfolgende Maxima entsprechen. Das Tätigkeitsgebiet in den kleinen heliographischen Längen entwickelte sich früher und stärker, und es ist ihm das hohe Maximum am Schlusse von Rotation 600 zuzuschreiben; es blieb ununterbrochen stark tätig bis und mit Rotation 605, und es entsprechen ihm die Wiederholungen des Maximums am Schlusse von Rotation 601, dann, etwas vermindert, am Schlusse von Rotation 602 und ferner je von Rotation 603, 604 und 605. Dagegen hat das zweite Fleckengebiet, das während der Rotation 600 bis 603

sich erst in den Längen des vierten Quadranten, nachher von Rotation 604 bis 606 im dritten Quadranten entwickelte, die Maxima im Anfange der Rotationen 600 bis und mit 603, dann das wieder etwas höher in der Mitte der Rotation 604 und insbesondere das höchste des ganzen Jahres in der Mitte von Rotation 605 erzeugt. Die letzte Rotation 606 zeigt eine allgemeine Abnahme der Tätigkeit auf der ganzen Ausdehnung der Fleckenzonen."

Es ist von Prof. Wolfer schon oft auf die langdauernden Ansammlungen der Fleckenbildungen in der Umgebung bestimmter Meridiane hingewiesen worden, und das Jahr 1905 liefert neuerdings bemerkenswerte Bestätigungen dieser Tatsache. Eine solche Anhäufung hat insbesondere um den Meridian von 80° Länge herum stattgefunden, dessen Nachbarschaft von Anfang bis Ende des Jahres fast ohne Unterbrechung der Sitz fleckenbildender Tätigkeit gewesen ist, während zu beiden Seiten, in der Gegend der Meridiane von 40 und 160°, entweder nur schwach besetzte oder ganz leere Stellen auffallen, durch welche jene Ansammlung nach links und rechts hin vollkommen deutlich isoliert wird.

Etwas Ähnliches zeigt sich in der Nähe des Meridians von 0°, bzw. 360° Länge, dessen Umgebung namentlich durch eine Anzahl sehr großer Fleckengruppen in den Rotationen 594 und 595, dann wieder 600 und 601, sowie 605 auffällt. Zu ihnen gehören z. B. die enormen Gruppen, die von Januar 29 bis Februar 10 und von März 1 bis 13 sichtbar waren, ebenso die großen Gruppen von Juli 10 bis 23 und August 6 bis 19.

Eine dritte, jedoch weniger scharf ausgeprägte und nicht so beständige Anhäufung tritt zwischen den Meridianen von ca. 180 und 320° Länge hervor. Man bemerkt einen ersten, ziemlich dichten Komplex in den Rotationen 594 bis 596 zwischen 200 und 320° Länge, einen zweiten kleinern in Rotation 598 und 599 zwischen 190 und 240°, einen dritten in Rotation 600 bis 603, der sich von 260 bis 300° erstreckt, und endlich einen vierten in Rotation 604 bis 606, der zwischen 180 und 280° liegt und zahlreiche große Gruppen, so namentlich auch die sehr umfangreiche, die von Oktober 13 bis 26 sichtbar war, enthält.

Vergleicht man diese Ansammlungen mit denen des Jahres 1904, so ist eine gewisse Ähnlichkeit der Verteilung, auch hinsichtlich der heliographischen Lage, nämlich der mittlern heliographischen Längen der Hauptkomplexe, nicht zu verkennen, und man hätte somit einiges Recht, sie miteinander in Verbindung zu bringen, d. h. mit einiger Wahrscheinlichkeit auf den Fortbestand jener Konzentrationen während der Jahre 1904 und 1905 zu schließen. Indessen ist aus den „Publikationen" der Züricher Sternwarte bekannt, daß diese Verteilungsverhältnisse der solaren Tätigkeit sich aus den Fleckenbildungen allein noch keineswegs mit hinreichender Sicherheit feststellen lassen, weil diese, auch bei noch so großer

Vollständigkeit des Beobachtungsmateriales, ein immer noch lückenhaftes Bild der gesamten Tätigkeitsvorgänge liefern, und erst durch die Hinzunahme der Fackelgebiete bestimmtere Grundlagen zu gewinnen sind. Eine ausführlichere Untersuchung dieser Verhältnisse für die gegenwärtige Tätigkeitsperiode wird später folgen.

Ergebnisse aus Sonnenfleckenbeobachtungen 1905 teilt Th. Epstein mit.[1]) Unter den Beobachtungstagen waren drei fleckenfrei: Mai 24, Juli 27 und 28. Ob auch in den Unterbrechungen solche vorgekommen sind, muß von andern Beobachtern konstatiert werden, doch ist so viel gewiß, daß dergleichen nur noch in der Zeit von Januar 3 bis 6, Dezember 1 bis 9 und Dezember 19 bis 25 gewesen sein kann, da bei den andern Lücken seiner Beobachtungen stets die nämlichen Flecke vor- und nachher vorhanden waren.

Die Fleckentätigkeit der Sonne zeigte gegen das Vorjahr eine unregelmäßige Zunahme. Sie war stark im Februar und November, schwach in den Frühlingsmonaten, besonders im April. Der Februar war durch einen kolossalen, leicht mit bloßem Auge sichtbaren Flecke im 16° südl. Br. ausgezeichnet, der am Anfange des Monates auftrat und am Ende, wenn auch reduziert, wieder erschien. Der November machte sich weniger durch die Größe als durch die Zahl der Flecke bemerklich (bis elf Gruppen an einem Tage). Durch Ausgleichung der Maßzahlen erhält man ein langsames Anschwellen der Tätigkeit, das noch kein Maximum hervortreten läßt.

Von den 225 beobachteten Gruppen war die Hälfte (113) mit Höfen versehen. Von diesen war durch Größe ausgezeichnet und mit bloßen Augen sichtbar außer dem erwähnten Februarflecke ein nach der Mitte Juli in 13° nördl. Br. erschienener, der in der ersten Augusthälfte wenig vermindert wiederkehrte, ferner ein kolossaler Fleck, der in der zweiten Hälfte des Oktober in 16° nördl. Br. sich zeigte, von dem aber in der nächsten Rotation nur ein kleiner Rest übrig war.

Die Verteilung der Flecke nach heliographischer Länge ergibt die größte Entwicklung in zwei gegenüberstehenden Lagen, hervorgerufen durch die zwei vorher genannten großen Gebilde, den Februarfleck und den Oktoberfleck, von denen der erstere am Nullmeridian, der andere am 180. Meridian stand. Hierbei ist erwähnenswert, daß diese beiden ungewöhnlichen Objekte gleiche und entgegengesetzte Breite hatten ($\pm 16°$), also direkt diametral einander gegenüberlagen. (Nebenbei sei auch auf den Umstand hingewiesen, daß der Februarfleck an der Stelle des großen magnetischen Störenfrieds vom 31. Oktober 1903 stand, ohne aber wie dieser die magnetische Ruhe der Erde zu alterieren. Anderseits befand sich der Oktoberfleck in derselben Gegend, auf die Verf. schon in Nr. 3981 der

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4080.

Astron. Nachr. als auf einen Fleckenherd in 1903 und 1904 aufmerksam gemacht hat.)

Nach der heliographischen Breite geordnet, entfielen auch 1905 wie im vorhergehenden Jahre mehr Flecke auf die nördliche als auf die südliche Halbkugel und erstreckten sich auf beiden bis zum 30. Grade. Von der Gesamtzahl der Gruppen kamen 126 auf die nördliche und 99 auf die südliche Hälfte, also ein Verhältnis von 5 : 4. Bedeutender war der Unterschied in Rücksicht der Größe; denn hier ergibt sich das Verhältnis 6 : 4.

Die Hauptmasse lag wieder wie im vorhergehenden Jahre, nördlich zwischen 5 und 15°, südlich zwischen 10 und 20° Breite, der Schwerpunkt der Entwicklung war aber beiderseits dem Äquator näher gerückt. Auch war die Äquatorzone von 0° bis 5° nördlich viel mehr mit Flecken besetzt als im Vorjahre; denn während damals in diesem Bereiche nur am 21. Dezember eine kleine Gruppe von zwei vereinzelten Kernen zum Vorscheine kam, stellten sich diesmal fünf Gruppen ein, davon zwei sogar mit Höfen, die an 21 Tagen in der Zeit zwischen dem 24. Juni und 11. Dezember bestanden.

Über Sonnenfleckenperioden hat Prof. A. Schuster[1]) Untersuchungen angestellt. Als Unterlage dienten die Sonnenfleckenzahlen von Wolf und Wolfer, die bis zum Jahre 1749 zurückreichen. Außerdem hat er noch, wo nur möglich, die Zahlen verwendet, die das „Solar Physics Committee" und das „British Board of Education" vom Jahre 1832 an für die Fleckenarea bei einer synodischen Umdrehung ergibt. Auch die vom Greenwichobservatorium photographisch ausgemessenen Fleckengebiete für jeden Tag des Jahres bis zum 1. Januar 1883 zurück wurden tunlichst berücksichtigt.

Einerseits wurden sämtliche Beobachtungen zu einer Reihe von 150 Jahren zusammengefaßt, anderseits wurde die Reihe in zwei gleiche Teile geteilt, von denen jeder einzeln der Untersuchung unterzogen wurde.

„Beim ersten Anblicke," sagt Schuster, „wirkt die Betrachtung der zwei 75jährigen Reihen verwirrend. Während die Beobachtungen, die mit 1826 beginnen, eine nahezu gleichförmige Periode von 11.125 Jahren aufweisen, scheint dieselbe in den Jahren 1749 bis 1826 beinahe gänzlich zu fehlen. An ihre Stelle treten während dieses Zeitraumes zwei Periodengruppen, eine von 9.25 Jahren, die andere von etwa 13.75 Jahren. Letztere Periode ist mehr dadurch charakterisiert, was man in der Spektroskopie mit „Band" bezeichnet, indem sie sich zwischen 13.25 bis 14.25 Jahren bewegt, doch mag auch mancher Mangel in dem Beobachtungsmateriale an diesem Umstande schuld sein. Einige Zeit neigte ich der Ansicht zu, daß die

---

[1]) Nature **73**. — Meteorol. Zeitschr. 1906. p. 310. — Sirius 1906. p. 220.

von uns beobachteten Periodizitäten kurzlebig sind und von einer Anzahl anderer abgelöst werden, die dann auch bald wieder verschwinden. Eine genauere Untersuchung überzeugte mich jedoch davon, daß die Periodizitäten in Beziehung auf die Zeit, die von einem Maximum zum andern verfließt, äußerst regelmäßig verlaufen — nahezu mit astronomischer Bestimmtheit. Den Schlüssel zu diesem Probleme glaube ich in folgendem gefunden zu haben: Eine Anzahl Perioden greifen übereinander, welche der Dauer nach sehr regelmäßig sind, der Intensität nach aber stark variieren; so kommt es, daß die eine oder andere Periode eine Anzahl von Jahren hindurch nicht zum Ausdrucke kommt. Die wirkliche Existenz der Periode ist aber dadurch erwiesen, daß, wann immer sie nach einer gewissen Zeit wiedererscheint, sie in ihrer Phase eine Fortsetzung der frühern Periode bildet.

Eine Periode von 4.78 Jahren zieht sich durch die ganze Beobachtungsreihe. Die Amplitude derselben beträgt $^1/_6$ der elfjährigen und ist zu groß, um diese Periode als zufällig erscheinen zu lassen. Sie erscheint sowohl in den Wolfschen Zahlen, die von 1749 bis 1826 reichen, als in den Reihen von 1826 bis 1900, ja auch in den durch Ausmessung der Fleckenflächen gewonnenen Zahlenreihen. Die Phasen dieser Periode wurden aus den genannten Serien errechnet und zeigen eine gute Übereinstimmung. Während ich übrigens noch gar nicht an die Beständigkeit der elfjährigen Periode glaubte, zweifelte ich nie daran, daß die 4.8 jährige Periode während der ganzen 150 Jahre als festgestellt zu betrachten sei. Für die Periodendauer erhält man als genauen Mittelwert 4.81 Jahre, doch zweifle ich nicht, daß dieser Wert etwas reduziert würde, wenn man den neuern und vollständigern Beobachtungen ein größeres Gewicht erteilen würde. Die Hauptperiode, welche der Sonnenfleckenforschung im letzten Jahrhunderte den Stempel aufdrückte, habe ich zu 11.125 Jahren gefunden. Das stimmt gut mit der Wolfschen Zahl 11.124 und der Newcombschen 11.13 überein.

Rechnet man jedoch mit den bis 1832 zurückreichenden genauen Flächenausmessungen der Flecken, so kommt man zur völligen Elimination der Hauptperiode und findet ganz ausgesprochene Maxima innerhalb der Jahre 1836, 1845, 1853, 1862 und 1870; die Intervalle alternieren also zwischen neun und acht Jahren, was ein Mittel von etwa 8.5 Jahren ergibt. Das Periodogramm, welches auf den Wolfschen Zahlen für die ganze Reihe von 1749 bis 1900 basiert ist, zeigt ein ausgesprochenes Intensitätsmaximum für die Periode von 8.25 Jahren. Indem wir ohne Rücksicht auf die Beobachtungen seit 1826 und nur mit Benutzung der Wolfschen Serie die in Frage stehende Periode berechnen, können wir dann für das folgende Intervall die Eintrittszeiten der Maxima voraussagen: Wir erhalten dann folgende Zeiten: 1836.3, 1844.7, 1852.9, 1861.2, 1869.4; dies ist wohl eine genügende Übereinstimmung mit den obigen Zahlen.

Die kleine Divergenz der Phasen könnte durch die Annahme einer Periodendauer von 8.32 Jahren korrigiert werden.

Eine Periodizität von 13.5 Jahren zeigt im Periodogramm der ganzen Reihe ein Maximum der Intensität. In Verbindung mit dem Folgenden scheint dies eine sehr merkwürdige Tatsache zu sein. In den Wolfschen Zahlen findet man drei Fälle, in denen zwischen dem Eintreten der Maxima 13 bis 14 Jahre liegen: 1626.0 bis 1639.5, 1816.4 bis 1829.9, 1870.6 bis 1883.9. Auch das Intervall 1639.5 bis 1816.4 besteht aus 13mal 13.61 Jahren und das Intervall, zwischen 1829.9 bis 1870.6 aus dreimal 13.57 Jahren. So also passen die Maxima in eine Periode von 13.6 Jahren hinein, welche auch mit wechselnder Intensität sich durch die ganze Reihe hindurchzieht. Ich möchte auf solche vielleicht nur numerische Zufälligkeiten kein zu großes Gewicht legen und kehre zu den drei Perioden zurück, welche mit einiger Genauigkeit festgestellt sind. Nachdem nämlich die Periodenzeiten voneinander unabhängig bestimmt worden waren, stellte sich eine merkwürdige Zahlenbeziehung heraus; die reziproken Werte der Periodendauer ergeben nämlich:

$$\frac{1}{11.125} = 0.089\,89$$

$$\frac{1}{8.32} = 0.120\,19$$

addiert finden wir:

$$\frac{1}{4.76} = 0.210\,08$$

Die Summe der reziproken Werte dieser beiden Perioden stimmt also vollkommen mit der Frequenz der dritten Periode überein. Es läßt sich aber auch zeigen, daß die ersten zwei Zahlen nahezu in dem Verhältnis von 3 : 4 stehen, so daß wir also die drei Perioden als Subperioden einer Periode von 33.375 Jahren bezeichnen können, denn:

$$\frac{1}{3} \cdot 33.375 = 11.125$$

$$\frac{1}{4} \cdot 33.375 = 8.344$$

$$\frac{1}{7} \cdot 33.375 = 4.765.$$

Wie weit diese Beziehung genau oder ungenau ist, kann man momentan nicht sagen; doch scheint es mir notwendig, darauf hinzuweisen, daß diese drei doch mit einem hohen Grade von Sicherheit gefundenen Perioden vielleicht in einem einfachen Verhältnis zueinander stehen.

Wenn wir nun noch eine Periode im doppelten Betrage der frühern annehmen würden, so könnten wir leicht noch zu der vierten Periode gelangen, denn $\frac{1}{5} \cdot 66.75$ würde 13.34 Jahre in halbwegiger Übereinstimmung mit der früher erwähnten Periode von 13.57 Jahren ergeben. Die Differenz ist jedoch größer, als sie sein sollte, und so will ich mich über diesen Gegenstand nicht weiter verbreiten."

Periodische Veränderung der Sonnenstrahlung gemäß den Beobachtungen der Sonnenfackeln.[1]) Seit 1894 werden in Catania so oft als möglich Beobachtungen der Sonnenfackeln gemacht. Dieselben zeigen denselben Gang der Intensität wie die Sonnenflecken, ein Maximum 1895, ein Minimum 1901, das nächste Maximum 1905. Auch die Häufigkeit der Fackeln ließ einen ähnlichen Gang erkennen. Die Intensität derselben wurde geschätzt und hiernach die Fackeln bezeichnet als sehr stark, stark, gewöhnlich, schwach oder sehr schwach.

Nimmt man die ersten drei und die letzten zwei Intensitäten zusammen, bezeichnet diese Gruppen mit I und II, so ergeben sich folgende Häufigkeitszahlen (auf Tausend) für die einzelnen Jahre:

Intensität	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
I . . .	764	679	575	545	424	345	308	231	394	561	632	723
II . . .	236	322	426	454	575	655	691	769	605	439	367	278

Bezeichnet man die Intensitäten „sehr schwach" mit 1, „schwach" mit 2, „gewöhnlich" mit 3 usw., so erhält man die folgenden relativen Intensitätswerte J der beobachteten Fackeln:

	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
J .	**2.83**	2.77	2.60	2.52	2.29	2.17	2.15	**1.88**	2.21	2.63	2.75	**2.97**
ΣJ	29.80	30.52	27.90	23.11	16.42	13.92	6.02	4.62	5.70	11.55	17.74	19.63

Aus den Zahlen J stellt sich der mit den Sonnenflecken parallele Gang der Intensität der Sonnenfackeln heraus. Die Leuchtkraft der Sonne wird natürlich von der Intensität der Fackeln beeinflußt.

Um nun einen wenigstens relativen Wert der Leuchtkraft der Fackeln während der verschiedenen Jahre zu erhalten, hat Mascari die in der ersten Zeile obiger Tabelle stehenden Intensitäten mit der Häufigkeit der Fackeln während der Jahre multipliziert und auf diese Weise die Zahlen ΣJ in der zweiten Zeile der vorstehenden Tabelle gefunden. Sie geben einen Begriff von den Schwankungen der Strahlung, welche die Sonnenfackeln im Laufe dieser Jahre aussandten.

Wie sich zeigt, sind die Schwankungen sehr groß und gehen mit jenen der Sonnenflecken parallel; es unterliegt somit auch das

[1]) Mem. d. Società d. Spettroscopisti Ital. 1906. **35**. 5a.

gesamte Sonnenlicht einer periodischen Variation, und zwar derart, daß dessen Maxima zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima, die Minima zur Zeit der Minima der Flecken fallen, ein Resultat, das der ursprünglichen Erwartung Mascaris zuwiderläuft.

Das Spektrum der Sonnenflecke. Dasselbe besteht im wesentlichen aus einem nahezu kontinuierlichen Spektrum und einer darüber gelagerten Anzahl von Fraunhoferschen Linien. Das Absorptionsspektrum erscheint zuweilen aufgelöst in eine zahlreiche Menge feiner, eng zusammenstehender Linien; am meisten sieht man dieses in dem Teile des Spektrums von der Linie b bis zur Linie der Wellenlänge λ 5100. Prof. Young hat dies zuerst 1883 beobachtet, und später ist die Erscheinung von Dunér und andern gesehen worden. Das Spektrum ist ebenfalls von Prof. Young und Walter M. Mitchell in der Region zwischen den Wellenlängen λ 6380 und λ 6400 in feine Linien zerlegt worden. In dem großen Sonnenflecke vom 3. Februar 1905 sah Mitchell das ganze Spektrum desselben von der Linie C bis fast zur Linie F auf solche Weise aufgelöst, und bei der Rückkehr des Fleckes zeigte sich die Spektralregion von λ 6770 bis zur Linie B ebenso. Mitchell hat nun in der Zeit vom März 1904 bis zu demselben Monate des Jahres 1905 genaue Untersuchungen der Region des Fleckenspektrums zwischen den Linien F und a ausgeführt, um ein möglichst vollständiges Verzeichnis der daselbst sichtbaren Linien zu erhalten und damit die Grundlage zu einer Diskussion der verschiedenen Sonnentheorien. Er bediente sich bei seiner Untersuchung des 23-zolligen Refraktors des Halstedobservatoriums zu Princeton und eines großen Gitterspektroskops und verglich die im Fleckenspektrum affizierten Linien unmittelbar mit den Linien in Rowlands photographischem Atlas des Sonnenspektrums; für einige Linien nahe bei B wurde Thollons Spektralatlas zugezogen. Die genaue Untersuchung ergab eine Anzahl von 680 Linien, die im Spektrum der Sonnenflecke verändert oder überhaupt beeinflußt erschienen, nämlich:

210 Eisenlinien, von denen 49 gelegentlich umgekehrt erschienen.
121 Titaniumlinien, darunter 70 gelegentlich umgekehrt.
79 Chromlinien, wovon 16 umgekehrt wurden.
47 Nickellinien mit 12 gelegentlichen Umkehrungen.
43 Vanadiumlinien mit 19 gelegentlichen Umkehrungen.
24 Kalziumlinien mit 4 zeitweisen Umkehrungen.
20 Magnesiumlinien mit 9 zeitweisen Umkehrungen.

11 Kobaltlinien, 6 Natriumlinien, 5 Siliziumlinien, 5 Linien des Yttriums, 4 Lanthanlinien, 3 Magnesiumlinien, 2 Wasserstofflinien, 2 Kupferlinien und je eine des Heliums und Skandiums. Von Linien, welche mit keinem Elemente identifiziert werden konnten, waren 136 im Fleckenspektrum verändert. Die Veränderungen der Linien im

Fleckenspektrum zeigen sich als Verbreiterungen, Umkehrungen, Flügelbildungen (feine, breite Ausdehnungen rechts und links der Linien), Verdunklungen und Verfeinerungen. Von ihnen kommen zwischen den Wellenlängen λ 5700 und 6600 am meisten die Umkehrungen und Verbreiterungen der Linien vor, bisweilen erscheint die verbreiterte Linie in zwei gespalten, und dazwischen ist das Spektrum hell. Unterhalb λ 6600 war die Beobachtung wegen der Schwäche des Sonnenspektrums unmöglich; dort kommen auch nur wenig veränderte Linien vor. Von λ 5700 bis zu den b-Linien sind die verbreiterten Linien zahlreich, während die Umkehrungen selten und oft kaum sichtbar sind; „geflügelte" Linien sind hier zahlreich. Oberhalb λ 5000 sind die veränderten Linien meist verdunkelt, und bei F wird das Fleckenspektrum so schwarz, daß Einzelheiten nicht mehr wahrgenommen werden können.

Werden die veränderten Linien der Sonnenflecken mit den Linien der Sonnenchromosphäre verglichen, so findet sich, daß die Linien, welche in der Chromosphäre häufig vorkommen, in den Flecken wenig verändert sind (mit zwei Ausnahmen); daß die Linien der höhern Chromosphäreschichten in den Flecken nicht verändert sind, und daß die in den Flecken meist veränderten Linien entweder in der Chromosphäre gänzlich fehlen oder sehr selten sind. Diese Ergebnisse sprechen für die Ansicht, daß die Flecken wenigstens unterhalb der Chromosphäre liegen.

Die Frage, warum einige Linien eines bestimmten Elementes verändert werden, andere aber nicht, läßt sich unter der Annahme von Jewell beantworten, daß viele Linien des Sonnenspektrums in verschiedenen Niveaus entstehen. Daß die am meisten veränderten Linien durch Dämpfe in einem tiefen Niveau veranlaßt werden, wird dadurch wahrscheinlich, daß sie keine Chromosphärenlinien sind; zweifellos ist, daß die Flecken in dem Niveau liegen, in welchem die Linien, die am meisten verändert sind, entstehen.

Die in der tiefern Photosphäre und folglich unter größerm Drucke und bei höherer Temperatur liegenden Dämpfe würden, wenn der helle Hintergrund des Photosphäre fehlte, ein Emissionsspektrum geben; dieses würde in Gemeinschaft mit der kühlern und weniger dichten Schicht darüber eine dunkle Linie mit einem hellen Zentrum erzeugen, also eine umgekehrte Linie. Es ist Tatsache, daß die umgekehrten Linien gewöhnlich schwächere Fraunhofersche Linien sind. Hierbei sind aber die Linien H, K, F und C auszuschließen, weil sie von Protuberanzen und nicht von den tiefern Gasen der Flecken herrühren. Daß die am stärksten umgekehrten Linien die schwachen sind, erklärt sich dadurch, daß die Dämpfe, welche diese Linien erzeugen, mit den Photosphärenwolken innig gemischt sind und sich nicht hoch über sie erheben.

Die Okularbeobachtungen der Sonnenflecke deuten darauf hin, daß der Fleck eine Vertiefung oder Durchbohrung der Photosphäre

ist. Ob er eine Depression ist, wie aus der scheinbaren Verbreiterung der Höfe beim Annähern an den Sonnenrand folgt, ist nicht sicher festzustellen. Ebensowenig ist sicher, ob der Fleck durch Aufsteigen oder Niedersinken veranlaßt wird, da Linienverschiebungen in den Flecken sehr selten sind. Mitchell erwähnt indessen einen Fall, wo alle Linien nach Blau verschoben erschienen, wodurch also ein Aufsteigen angezeigt wäre.

Durch die Radiometerbeobachtungen von Langley, Frost und Wilson wissen wir, daß die Strahlung der Photosphäre, wenn man sich dem Sonnenrande nähert, abnimmt, während die des Fleckes sich nur wenig ändert. Entweder liegen also die Flecke hoch über der Photosphäre, und die Absorption ist unbedeutender, oder die Strahlen der Flecke sind anderer Natur als die der Photosphäre, und die Absorption der Sonnenhüllen ist bei beiden verschieden. Gegen die erste Deutung spricht der Umstand, daß das Spektroskop auf ein tiefes Niveau der Flecken unter der Chromosphäre hinweist. Die zweite Hypothese ist von Young aufgestellt worden und stützt sich darauf, daß die Photosphäre reich an kurzwelligen Strahlen ist, die in den Flecken fehlen, und daß nach Vogel das violette Licht der Photosphäre beim Annähern an den Rand stärker geschwächt wird als das rote. Die Sonnenatmosphäre absorbiert also beträchtlich die kurzwelligen Strahlen der Photosphäre, während die an kurzen Wellen arme Gesamtstrahlung der Flecken weniger geschwächt wird.

Mitchell neigt der Ansicht zu, daß die Sonnenflecke wahrscheinlich veranlaßt werden durch die heißen Dämpfe des Innern, welche langsam durch die Wolken der Photosphäre dringen und sie verdampfen. Die Dämpfe von unten, die zuerst heiß sind, müssen kühler werden durch ihre Ausdehnung und die Exposition und schließlich eine Neubildung der Photosphärenwolken herbeiführen in Form von Schleiern und Brücken, welche gewöhnlich Vorläufer des Vergehens der Flecken sind. Daß die Flecke Gebiete von relativ hoher Temperatur sind, ist von Wilson vermutet worden und wird durch die umgekehrten Linien bestätigt. Ferner müßte, wenn die Flecke eine kühlere Region wären, Kondensation stattfinden, welche den Charakter des Fleckes zu zerstören strebt.

Zusätzlich bemerkt Mitchell für diejenigen, welche sich mit den spektroskopischen Beobachtungen der Sonnenflecke beschäftigen, daß die genaue Verfolgung der Entwicklung eines und desselben Fleckes der Beobachtung an mehrern Flecken vorzuziehen sei.

Zweifarbige Protuberanzen hat J. Esquirol während der totalen Sonnenfinsternis am 30. August 1905 in Alcala de Chisvert (Spanien) mit einem 60 fach vergrößernden Fernrohr beobachtet. Am Ostrande der Sonne befanden sich fünf schöne Protuberanzen, von denen jede aus zwei Teilen zu bestehen schien; der eine nach Süden gerichtete zeigte die normale rosa Färbung, der andere nach Norden

sah faserig aus und war weiß, aber von etwas schmutziger Färbung. Der südliche Teil war entschieden bedeutender und bedeckte mit einem dünnen Faden die obern Abschnitte des zweiten; die rosa Färbung war am Südrande stärker und wurde nach der Mitte hin schwächer, aber der Kontrast mit der weißen Zone war ein plötzlicher und derartig ausgesprochen, daß es unmöglich schien, den weißen Teil als eine Abschwächung der andern Färbung aufzufassen.[1])

Das Aussehen der Korona während der totalen Sonnenfinsternis am 17. Mai 1901. Nach den Aufnahmen der Expedition, welche das Navalobservatorium zur Beobachtung dieser Finsternis auf die Insel Sumatra entsandte und über welche jetzt ein ausführlicher Bericht erschienen ist,[2]) hat H. R. Morgan ein Gesamtbild der Korona zeichnerisch verarbeitet, welches überaus charakteristisch ist und eine Menge Details enthält. Von den Eigentümlichkeiten, welche die Korona bei jener Finsternis zeigte, sind folgende besonders hervorzuheben: Die große Ausdehnung der südlichen Polarstrahlen und ihre gegen Osten verschobene exzentrische Lage in bezug auf den Rotationspol der Sonne. Dann auf der östlichen Seite die seltsamen bogenförmigen Gestaltungen und unregelmäßigen Strahlungen, die an dieser Seite eine besonders lebhafte Tätigkeit der Sonne anzeigen. Auf der Westseite zeigt dagegen die Korona zwar auch zahlreiche Strahlen und Streifen, aber dieselben sind durchweg gerade und von einfacher Gestalt. An dieser Seite hat die Korona im allgemeinen das Aussehen, welches für sie typisch ist zu den Zeiten der Sonnenfleckminima. Die seltsame Strahlung der innern Korona nahe dem östlichen Punkte des Sonnenrandes ist auch auf den zu Dehra-Dun in Ostindien aufgenommenen Photographien der Finsternis deutlich sichtbar, und Perrine hat schon darauf aufmerksam gemacht. Derselbe fand auch, daß an jener Stelle am 19. Mai 1901 eine Sonnenfleckgruppe über den Sonnenrand heraufkam, der nach Perrines Rechnung dem Orte der Strahlungen entsprach, so daß diese letztere Erscheinung in der Korona unmittelbar über jener Fleckengruppe stattfand. Die Strahlungen und Lichtausbrüche in der innern Korona stehen also zweifellos mit Vorgängen auf der Sonne in unmittelbarem Zusammenhange, und solches gilt wohl auch für die Strahlen nahe den Polen der Sonne. Betrachtet man dagegen die langen, wenig gewellten Strähne und Strahlenbüschel der äußern Korona, wie sie die Abbildung zeigt, so möchte man wenig geneigt sein, für sie einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Sonne anzunehmen, da sie in ihrer Erstreckung zur Oberfläche der Sonne keine bestimmte Beziehung verraten.

---

[1]) Compt. rend. **142**. 757, 1906.

[2]) Publ. of the U. S. Naval Observatory, 2. Series. **4**. Appendix I. Washington 1905.

Die totale Sonnenfinsternis am 30. August 1905 ist auf dem Observatorio del Ebro, welches die Jesuiten in der Nähe von Tortosa seit einigen Jahren errichtet haben, mit großem Erfolge beobachtet worden.[1]) Die Position des Observatoriums ist: Länge (östl. v. Greenwich) $0^h\ 1^m\ 58.5^s$, Breite $+40°\ 49'\ 14''$, Seehöhe 51 *m*. Die Beobachtungen erstreckten sich auf Bestimmung der Kontakte am Sonnen- und Mondrand durch Okularbeobachtungen und photographische Registrierung, Spektroskopie und Polarisation (durch Wolken behindert), photographische Aufnahmen der Korona, Zeichnungen der Korona, photometrische, elektrische, magnetische und meteorologische Beobachtungen, sowie Beobachtungen über das Verhalten von Tieren und Pflanzen. Eine höchst vorzügliche farbige Zeichnung der Korona wurde von P. Josef M. Valles, einem sehr begabten Amateurmaler, und Frater Coronas, einem hervorragenden Maler, geliefert. Ersterer wandte seine Aufmerksamkeit der innern Korona und den Protuberanzen zu, der andere vorwiegend der äußern. Das Ergebnis ihrer Arbeit ist bewunderungswürdig, denn ihre Zeichnung enthält eine Menge Einzelheiten, die sich nachträglich auf den photographischen Darstellungen verifizieren ließen. Sogleich nach Ende der Finsternis vervollständigten sie ihre Zeichnungen, und da sie erfahrene Maler sind, so darf man die Farbenwiedergabe als getreu betrachten. Tafel I gibt eine Reproduktion ihrer Abbildung der Korona.

Die Lichtabnahme während der totalen Sonnenfinsternis des 30. August 1905 ist von Th. Wulf und J. D. Lucas zu Tortosa (Spanien) mittels Selenzellen untersucht worden.[2]) Es fand sich, daß vom ersten äußern Kontakt an die Leitfähigkeit des Selens abnahm bis zur Totalität; mit Eintritt derselben hörte die Abnahme auf und blieb während ihrer Dauer konstant, um dann nach dem dritten Kontakt wieder langsam anzusteigen. Die Sonne war während der Finsternis wiederholt von Wolken bedeckt, aber die Selenzelle hat weit besser als das Auge die Abnahme der Helligkeit während der ganzen Dauer der Finsternis gezeigt. Die später ausgeführte Umsetzung der Leitfähigkeiten der Selenzelle in Lichteinheiten ergab indessen viel zu kleine Werte für die Helligkeit des Sonnenlichtes, was sich aus der Unwirksamkeit der kurzwelligen Strahlen auf das Selen erklärt. Unter der Annahme, daß die Strahlung während der Totalität dieselben Wellenlängen hat wie die Dämmerung, ergibt sich die Helligkeit als gleich mit derjenigen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde vor Sonnenaufgang.

---

[1]) Mémoires de l'observatoire de l'Ebro, sis a Roquetas dépendant de Collège d'Études supérieures de la Compie de Jésus de Tortosa Nr. 1. Barcelona 1906.

[2]) Physikalische Zeitschr. **6**. p. 838.

Das Zodiakallicht.

Beobachtungen des Zodiakallichtes in verschiedenen Breiten hat Dr. J. Möller (Elsfleth) angestellt,[1]) während der Zeit von Juli 1903 bis März 1904. In den Tropen konnte er das Licht fast immer über den ganzen Himmel verfolgen. Hier zeigte es sich als ein aus drei verschiedenen Teilen zusammengesetztes Phänomen. Der auffallendste Teil war immer der bekannte Lichtkegel, der auch in höhern Breiten nach Sonnenuntergang im Westen und vor Sonnenaufgang im Osten als wesentlicher Teil des Zodiakallichtes erscheint. An ihn schloß sich ein schmaler Streif an, der den ganzen Himmel überzog und auf der dem eben erwähnten Lichtkegel gegenüberliegenden Seite in den Gegenschein überging. Der Gegenschein zeigte sich immer als breiter Kegel mit sehr verwaschenen Rändern.

Seine Versuche, für die Helligkeit des Lichtes vergleichbare Zahlenwerte hinzuschreiben, blieben ganz erfolglos, da es ihm unmöglich war, das Zodiakallicht mit der Milchstraße oder andern Lichtquellen zu vergleichen. Das körnige Licht der Milchstraße ist von so völlig anderer Art als das milchige des Zodiakallichtes, daß man beide ebenso wenig aufeinander beziehen kann, wie z. B. zwei Lichter von verschiedener Farbe. Er glaubt, daß man die Helligkeit des Zodiakallichtes nur mit Hilfe von Photometern, welche Flächenhelligkeiten zu messen gestatten, wird bestimmen können. Daher hat er auf Helligkeitsschätzungen ganz verzichtet und sich darauf beschränkt, hin und wieder zu notieren, mit welchen Sternen oder welchen Teilen der Milchstraße das Zodiakallicht nach beendeter Abenddämmerung gleichzeitig am Himmel auftauchte. Sehr merkwürdig erscheint ihm die Tatsache, daß in der sehr durchsichtigen Luft der Tropen, wo die Milchstraße in prachtvollem Glanze leuchtete, und sein Auge schwierige enge Doppelsterne, wie ε_1 und ε_2 Tauri oder ε und 5 Lyrae, ohne jede Mühe zu trennen vermochte, das Zodiakallicht selten eine glanzvolle Erscheinung war. Ob die Fülle des von der Milchstraße und den übrigen Sternen ausgehenden Lichtes das Zodiakallicht erdrückte, will er nicht entscheiden.

Um die Lage des Zodiakallichtes zu bestimmen, zeichnete er es jedesmal so, wie es ihm erschien, in einen Atlas ein, und zwar von dem Hauptkegel sowohl die äußern Grenzen wie die Linie der maximalen Helligkeit, vom Gegenscheine meist nur die äußern Grenzen und von dem beide verbindenden Bande die Linie der größten Helligkeit, die sich hier mit ziemlich großer Schärfe bestimmen ließ.

---

[1]) Astron. Nachr. 4062.

Planeten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1905. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Bericht als neu entdeckt eingereiht worden:

Bezeichnung		Entdeckung					
554	Peraga	1905 Jan.	8	von	P. Götz		
555	PT	„	14	„	M. Wolf		
556	PW	„	8	„	P. Götz		
557	PY	„	26	„	M. Wolf		
558	QB	Febr.	9	„	„		
559	QD	März	8	„	„		
560	QF	„	13	„	„		
561	QG	„	26	„	„	Königstuhl	
562	QH	April	3	„	„		
563	QK	„	6	„	P. Götz		
564	QM	Mai	9	„	„		
565	Marbachia	„	9	„	M. Wolf		
566	Stereoskopia	„	28	„	P. Götz		
567	QP	„	28	„	„		
568	Cheruskia	Juli	26	„	„		
569	Misa	„	27	„	J. Palisa	Wien	

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	☊	i	φ	a	Berechner
(554)	295° 43.9′	2° 56.4′	8° 56.2′	2.37	Berberich
(555)	130 53.5	2 38.8	8 50.7	3.18	„
(556)	285 50.7	5 14.3	5 46.7	2.47	„
(557)	293 21.0	2 31.1	5 36.0	2.45	„
(558)	144 15.7	8 21.0	2 14.0	2.91	„
(559)	112 23.3	9 18.2	3 45.0	2.71	„
(560)	103 41.2	8 13.7	7 5.3	2.75	„
(561)	160 30.1	1 30.9	8 42.5	3.18	„
(562)	71 37.3	11 8.5	5 25.2	3.02	„
(563)	84 51.6	10 20.8	13 56.8	2.72	„
(564)	71 13.1	18 14.4	15 50.3	2.75	„
(565)	225 49.8	10 54.0	7 18.7	2.44	„
(566)	81 28.2	5 1.5	6 55.3	3.35	„
(567)	59 6.3	8 59.1	4 55.5	3.13	„
(568)	250 7.4	18 21.1	9 40.2	2.88	„
(569)	303 2.5	1 17.1	10 12.3	2.65	„

Diese Elemente bieten wenig Bemerkenswertes. Eine größere Annäherung an Jupiter können erreichen die Planeten:

(555)	mit $\Delta_0 =$	1.52	J = 3.8°
(561)	„	1.75	2.4
(564)	„	1.88	19.4
(566)	„	1.89	6.3

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1906. p. 68.

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann, und J die Neigung der Bahnebene des Planeten gegen diejenige des Jupiter.

Hohe Deklinationen in der Oppositionszeit kann erreichen der Planet

(564) mit $\delta = +39.1°$ zur Oppositionszeit Jan. 21
-46.8 „ „ Juli 24

Annähernde Ähnlichkeiten der Hauptbahnelemente zeigen sich bei den Planeten:

(555)	☊ = 130.9°	i = 2.6°	φ = 8.8°	a = 3.18
(44)	131.4	3.7	8.8	2.42
(557)	☊ = 293.3	i = 2.5	φ = 5.6	a = 2.45
(142)	292.0	2.2	7.7	2.42
(562)	☊ = 71.6	i = 11.1	φ = 5.4	a = 3.02
(423)	70.3	11.3	2.0	3.07
(563)	☊ = 84.9	i = 10.3	φ = 13.9	a = 2.72
(237)	84.7	9.8	4.0	2.76

Mit Namen versehen sind nachträglich die in frühern Berichten noch nicht benannten Planeten:

(406) Erna	(496) Gryphia	(520) Franziska
(485) Genua	(504) Cora	(522) Helga
(486) Cremona	(505) Cava	(542) Susanna
(489) Comacina	(511) Davida	(544) Jetta
(494) Virtus	(512) Taurinensis	

Von den 28 Planeten (517), (520)—(545) und (550), welche seit dem letzten Bericht zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (517), (520), (521), (532), (537), (539), (542), (543), (544) und (550) in der zweiten Erscheinung beobachtet.

Von ältern, bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(157) in der 23. Erscheinung
(355) „ „ 10. „

Von dem Planeten (554) sind nachträglich noch Beobachtungen, welche mehrere Jahre vor der angegebenen Entdeckungsepoche liegen, als diesem zugehörig erkannt worden.

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1905 entdeckten, beträgt nunmehr 98.

Die Verteilung der Perihellängen und Exzentrizitäten der kleinen Planeten. Im Anschlusse an frühere Untersuchungen von Prof. Newcomb hat A. v. Brünn diesen Gegenstand einer neuen Bear-

beitung unterzogen.[1]) In der Einleitung sagt er: „Die erste Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Elemente der kleinen Planeten, die sich, je mehr solche Himmelskörper entdeckt wurden, um so deutlicher aus dem Rahmen der Zufälligkeit heraushob, war die Erscheinung der Anhäufung der Perihelien der kleinen Planeten in der Nähe desjenigen Jupiters. Bei der Auffassung der Asteroiden als Bruchstücke eines zerstörten größern Weltkörpers lag eine kosmogonische Erklärung hierfür am nächsten, und auch klimatologische Einflüsse sind als Ursachen des Phänomens herangezogen worden. In der Tat würde für solche Planetoiden die Entdeckungswahrscheinlichkeit am größten sein, deren Perihel in der für die Beobachtung günstigsten Jahreszeit in Opposition mit der Sonne steht, denn es würde im Laufe der Zeit sich immer gelegentlich wiederholen, daß Opposition des Planeten und Periheldurchgang annähernd zusammenfallen. Für Jupiter würde die Opposition des Perihels in den Anfang des Herbstes fallen. Indessen zeigte Herr Newcomb schon 1860, daß die beobachteten Tatsachen rein mechanisch durch die Wirkungen der Säkularstörungen, welche die Asteroiden durch die großen Planeten erleiden, erklärt werden können, und 1862 erbrachte er in den Astron. Nachr. Nr. 1382 auch den zahlenmäßigen Nachweis, daß die tatsächliche Verteilung der Perihellängen der theoretisch als wahrscheinlichster geforderten annähernd entspricht. Herr Newcomb hebt in seinen genannten Abhandlungen nicht ausdrücklich hervor, daß aus seiner Erklärung der Perihelverteilung noch die andere Tatsache folgt, daß im Mittel die Exzentrizitäten derjenigen Planeten am größten, resp. kleinsten sein müssen, deren Perihelien beim Jupiterperihel, resp. -aphel liegen. Daß die durchschnittlichen Exzentrizitäten wirklich dieses Verhalten zeigen, scheint bisher noch nicht besonders berücksichtigt worden zu sein.

A. v. Brunn hat nun Herrn Newcombs Untersuchungen, soweit sie sich auf die Perihelien beziehen, mit dem mehr als siebenmal so umfangreichen statistischen Materiale, als es Herrn Newcomb damals zur Verfügung stand, welches Herr Mascart im Bulletin astronomique 1899 liefert, wiederholt und die Diskussion der Exzentrizitäten hinzugefügt, geht jedoch dabei den umgekehrten Weg, wie Herr Newcomb. Dieser zeigt, daß unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung einer gewissen Integrationskonstanten, die man Eigenperihellänge nennen kann, über den ganzen Umkreis die ungleichförmige Verteilung der wirklichen Perihellängen allein als eine Wirkung der Säkularstörungen der großen Planeten erscheint. Es ist aber gewiß noch befriedigender, die Untersuchung von allem Hypothetischen zu befreien, indem man sich unter alleiniger Berücksichtigung der Säkularstörungen jene Integrationskonstanten berechnet und zusieht, ob sie gleichmäßig verteilt sind. Denn wenn das der Fall ist, so folgt

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4122.

auch umgekehrt, daß für die Verteilung der wirklichen Perihellängen eben auch nur die Säkularstörungen von bestimmendem Einflusse sein können."

Der Verfasser beginnt damit, die Resultate der Abzählung aus der Mascartschen Elemententabelle anzugeben. Er teilt den Umkreis, vom Jupiterperihel aus rechtläufig zählend, in 16 gleiche Teile I bis XVI. Die erste Kolumne der folgenden Tabelle bezeichnet diese, die zweite die Zahl der darin liegenden Planetenperihelien, die dritte den Mittelwert der Exzentrizität für die betreffenden Planeten; zum Schlusse folgen noch die gleichen Daten für die Halbumkreise zu beiden Seiten vom Jupiterperihel, bzw. -aphel.

I	43	0.1550
II	36	0.1466
III	33	0.1457
IV	24	0.1437
V	23	0.1335
VI	18	0.1150
VII	16	0.1361
VIII	12	0.0938
IX	15	0.1377
X	19	0.1301
XI	22	0.1377
XII	22	0.1246
XIII	21	0.1786
XIV	30	0.1667
XV	38	0.1447
XVI	42	0.1612
XIII—IV	267	0.1544
V—VII	147	0.1276

Man erkennt hieraus die Abnahme der Häufigkeitszahlen und, wenn auch viel unregelmäßiger, der mittlern Exzentrizitäten vom Jupiterperihel zum -aphel. Ein deutliches Bild von der Rolle, die diese Richtung für die Verteilung der Perihelien und Exzentrizitäten der Asteroiden spielt, geben die beiden letzten Zeilen.

A. v. Brunn untersucht nun den Zusammenhang der angeführten Zahlen mit den Säkularstörungen, welchen die Bahnen der Planetoiden unterliegen. Diese rein mathematischen Entwicklungen bilden den Hauptteil seiner Arbeit, sie können indessen hier nicht wiedergegeben werden, sondern nur das Ergebnis, welches A. v. Brunn dahin formuliert, daß bezüglich der wirklichen Exzentrizitäten und Perihellängen der Planetoiden die Schlußfolgerung zu ziehen ist, daß deren ungleichmäßige Verteilung der Hauptsache nach durch die Säkularstörungen der großen Planeten hervorgerufen wird, daß sich darüber aber im gleichen Sinne, nur viel weniger stark wirkend, eine nur scheinbare, auf klimatologischen Ursachen beruhende Ungleichförmigkeit lagert.

Zum Verständnis der letztern aber bemerkt er folgendes: „Zunächst dürfte für die nördliche Hemisphäre das Halbjahr Juli bis

Dezember für die Beobachtung günstiger sein als das andere; es wird also für die Planeten die Entdeckungswahrscheinlichkeit größer sein, deren Perihel in dieser Zeit in Opposition mit der Sonne steht; diese Forderung ist sehr nahe damit gleichbedeutend, daß es im IV. und I. Quadranten, vom Jupiterperihel gerechnet, liegt. Soll dieses als Erklärung für die Anhäufung auch der Eigenperihele in jenen beiden Quadranten dienen, so müßte diese Anhäufung für die sonnen- also auch erdnächsten Planeten am auffallendsten sein, da für solche die Abhängigkeit der Oppositionshelligkeit von der gleichzeitigen Stellung in der Bahn am größten ist. Das stellt sich aber wirklich als richtig heraus.“

Mikrometermessungen am Jupiter hat H. E. Lau von 1905 August bis Januar 1906 angestellt[1]) am 10-zolligen Refraktor der Uraniasternwarte in Kopenhagen. Er findet im Mittel den Äquatorialdurchmesser des Planeten 38.354″, den Polardurchmesser 36.135″. Die Planetenscheibe war während der Opposition 1905 bis 1906 von fünf Streifen, die immer sichtbar waren, durchzogen. An mehrern Abenden wurden außerdem in den Polargegenden zwei zarte Streifen beobachtet und, allerdings nur mit Mühe, gemessen. In den Skizzen des Beobachters sind die Hauptstreifen nach H. Struve mit I bis V, die schwachen, zeitweise sichtbaren mit Ia und Va bezeichnet.

Die südlichen Streifen IV und V erschienen am deutlichsten und dunkelsten; IV war lebhaft rostrot, 4″ breit und durch eine helle Linie von 0.8″ Breite halbiert. In der auf den Roten Fleck folgenden Gegend lag diese helle Linie etwas nördlicher und lief in 75° Länge gerade nördlich in die helle Äquatorzone aus. Bei guter Luft erschien diese helle Linie durch zahlreiche „rifts“ durchbrochen.

Die Umrisse der „Bai“ im nördlichen Rande von IV waren sehr deutlich, insbesondere auf der Ostseite, wo der Streifen IV einen dunklen Knoten bildete. Der Rote Fleck selbst war kaum zu erkennen.

Die Streifen V und II waren resp. 1.35″ und 0.90″ breit, die übrigen noch schmäler. Der Streifen III ist seit Struves Beobachtungen 1903 sehr schwach geworden, während umgekehrt der 1903 unsichtbare Streifen Va gegenwärtig deutlicher geworden ist. Auffallend ist ferner die langsame Verbreiterung des Streifens IV. 1903 fand Struve für die Breite 8.70°, 1904 dagegen 10.56°, während die Messungen Laus 1905 bis 1906 die Breite 13.31° ergeben.

Die nördliche Polarkalotte erschien grau; die südliche zeigte nichts Auffallendes.

Rotationsperioden von Flecken in der äquatorialen Region des Jupiter. W. F. Denning hat aus seinen Beobachtungen einer Anzahl

---

[1]) Astron. Nachr. 4097.

von Flecken auf der südlichen Seite des südlichen Äquatorialstreifens des Jupiter in den Jahren 1898 bis 1906 folgende Werte für die Rotationsperioden derselben abgeleitet.[1])

	Mittlere Rotationsdauer			Zahl der Flecke
1898	9h	50m	23.6s	23
1899	9	50	24.6	27
1900	9	50	24.1	18
1901	9	50	29.1	28
1902	9	50	26.7	24
1903	9	50	27.9	27
1905—6	9	50	32.7	24

Über die neuen Planetentrabanten machte Prof. Berberich mehrere interessante Bemerkungen.[2]) In die gewöhnlichen Anschauungen von der Anordnung des Planetensystems oder der Trabantensysteme, bemerkt Berberich, paßt Phöbe (der 9. Saturnmond) mit ihrer Rückläufigkeit durchaus nicht mehr hinein. An ein „Einfangen" der Phöbe durch Störungen, wie man es für die periodischen Kometen kurzer Umlaufszeit annimmt, ist nicht zu denken. Der Trabant scheint von Ursprung an zum Saturnsysteme zu gehören.

Merkwürdig war es, daß zwar auf den frühern Aufnahmen, auf denen die Phöbe ziemlich gut zu sehen war, auch der Ende April 1904 gefundene 10. Saturnmond, die Themis, ohne Mühe gefunden wurde, daß dagegen auf den spätern Platten einerseits die Phöbe ganz auffällig hervortrat, anderseits der 10. Mond überhaupt nicht entdeckt werden konnte. Alle Tatsachen führten zur Erkenntnis einer erheblichen Veränderlichkeit der Phöbe, um etwa 1.5 Größenklassen, also fast soviel wie die Schwankung des Japetus, 1.7 Größen nach den letzten Messungen von Wendell und P. Guthnick.

Phöbe und Themis dürften ungefähr den gleichen Durchmesser von etwa 60 *km* besitzen, trotzdem muß die Entdeckung dieser zwei Trabanten als sehr wertvoll erklärt werden. „Bei Phöbe liegt die Bedeutung in der Rückläufigkeit, bei Themis in der nahen Gleichheit der Periode mit der des Hyperion und der abnormen Form und Lage der Bahn. Die Bahnbestimmung wurde von Prof. W. H. Pickering selbst vorgenommen,[3]) und zwar auf graphischem Wege, der auch bei Phöbe zu einer befriedigenden Übereinstimmung mit der nachträglich streng berechneten Bahn geführt hatte. Die mittlere Distanz von Saturn ergab sich zu 1 457 000 *km*, die Exzentrizität zu 0.215, woraus die kleinste und größte Entfernung vom Saturn sich zu 1.14 und 1.77 Millionen *km* berechnen. Die Umlaufszeit umfaßt 20.85 Tage. Die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik ist 39.1°, gegen den Saturnsäquator etwa 12° und ebenso

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4117.
[2]) Naturwissenschaftl. Rundschau 1906. **10**. p. 121.
[3]) Harvard-Annalen **53**. Nr. IX.

viel auch ungefähr gegen die Bahnebenen von Titan und Hyperion. In der Saturnnähe steht die Themis 100 000 *km* innerhalb der Titanbahn, in der Saturnferne weit jenseits der Hyperionbahn. Die Kreuzung der Themis- und der Titanbahnlinien findet gegenwärtig bei nur 21 000 *km* Abstand statt ($^1/_{20}$ der Entfernung Mond — Erde). Da die Bahnen sich ständig verschieben und verändern, so kann diese Distanz noch sehr viel kleiner werden, und damit können die Störungen der winzigen Themis durch den großen Titan außerordentlich hoch anwachsen. Dieselben werden in Zukunft ein vorzügliches Mittel bilden zur schärfern Bestimmung der Titanmasse. Anderseits ist es zu verwundern, daß der kleine Satellit noch selbständig existiert und nicht bei einer frühern sehr nahen Begegnung mit dem Titan zusammengestoßen ist. Die Themis bildet somit ein interessantes Gegenstück zu den kurzperiodischen Kometen im Sonnensysteme mit ihren meist ganz unbeständigen Bahnen. Von neuem erhebt sich daher die schon bald nach der Entdeckung des Hyperion gestellte Frage, ob es im Saturnsysteme noch mehr solche, vermutlich wohl noch kleinere Trabanten gibt, woran man noch die weitere Frage knüpfen kann, ob nicht ähnliche Entdeckungen im Planetoidensystem zu erwarten seien. Anzeichen für das Vorhandensein sehr jupiternaher Planeten sind bereits mehrere vorhanden, leider sind die betreffenden Gestirne noch nicht genügend gesichert."

Was den 6. und 7. Jupitermond anbelangt, so sind dieselben rückläufig, und ihre Bahnlinien gehen in großen Entfernungen aneinander vorüber, von gegenseitigen Annäherungen wie bei Titan und Themis im Saturnsysteme kann keine Rede sein. „Ein großer Zwischenraum trennt beide Satelliten von den großen Trabanten, und es ist nicht unmöglich, daß dieser Raum nicht ganz leer ist, daß vielleicht noch andere kleine Körper den Jupiter in mehrfachem Abstande der alten Trabanten begleiten. In seinen ausführlichen Untersuchungen über die Bahn des periodischen Kometen Brooks (1889 V) hat L. Poor auch die Frage der Annäherung dieses Gestirnes, das am 20. Juli 1886 dem Jupiter auf den Abstand des V. Mondes nahe gekommen sein muß, an diesen und die andern vier Trabanten untersucht. Er fand die geringsten Abstände des Kometen von den vier letztern gleich 3,57, 4,16, 4,01 und 2,62 Jupiterhalbmesser; dies ist viel zu viel, als daß irgend eine Bewegungsstörung oder ein Einfluß auf die Gestaltsänderung des Kometen hätte eintreten können. Vom V., innersten Monde läßt sich nicht sicher angeben, an welcher Stelle seiner Bahn er damals gestanden hat. Darum hält Poor ein Zusammentreffen beider Gestirne nicht für ausgeschlossen; die Folge davon könnte die Teilung des Kometen gewesen sein, die 1889 so großes Aufsehen erregt hat. Die Existenz des VI. und VII. Mondes und vielleicht noch anderer ähnlicher Begleiter in so großem Abstande vom Jupiter gibt für die Ursache der Kometenteilung wieder neue

Möglichkeiten, die nach genauerer Bestimmung der Bahn dieser neuen Trabanten leicht zu prüfen sein werden. Gar so klein sind diese zwei Körper ja nicht, sie sind wohl dem V. Monde vergleichbar. Der VI. Mond wurde von Aitken bei direkter Beobachtung etwa 14. Größe geschätzt, der VII. ist zwei Größenklassen schwächer. Danach dürften ihre Durchmesser 120 und 50 *km* betragen gegen rund 200 *km* beim V. Monde."

Bestimmung der Säkularbewegung des V. Jupitermondes von Prof. H. Struve.[1]) Die Beobachtungsreihen des V. Jupitermondes, welche während der ersten drei Oppositionen nach der Entdeckung desselben teils von Barnard am Lickrefraktor, teils von Prof. Struve am Pulkowaer Refraktor ausgeführt worden waren, haben bereits vor zehn Jahren eine vollständige Bearbeitung durch Dr. Fritz Cohn erfahren, als deren wichtigstes Resultat eine genäherte Bestimmung der Apsiden- und Knotenbewegung sich ergab. Insbesondere ließen die zahlreichen Messungen des Abstandes des Trabanten vom Ost- und Westrande des Planeten keinen Zweifel an einer merklichen Exzentrizität der Bahn und machten eine Bewegung des Perijoviums von beiläufig 912° im Jahre wahrscheinlich. Weniger sicher war der Schluß bezüglich der Neigung der Bahnebene gegen den Planetenäquator und der Säkularbewegung des Knotens, sowohl wegen des geringern Beobachtungsmateriales, das hierfür zur Verfügung stand, wie auch wegen der ungenügenden Kenntnis der Positionswinkel, unter denen diese Messungen am Lickrefraktor gemacht worden waren. Seitdem sind die Messungen des V. Trabanten von Barnard in der nämlichen Weise am 40-zolligen Yerkesrefraktor fortgesetzt worden, zunächst in den wegen der größern Jupiterentfernung weniger günstigen Jahren 1898 und 1899, dann fortlaufend von 1902 bis 1905. Diese neuern Messungen haben bislang noch keine entsprechende Bearbeitung wie die frühern gefunden. Aus der Vergleichung der während der Jahre 1892 bis 1902 bestimmten Elongationen glaubte jedoch Barnard, auf einen sehr viel kleinern Betrag der Apsidenbewegung, nahe gleich 882° im Jahre, schließen zu müssen, im Einklange mit den früher von Tisserand auf demselben Wege aus den Elongationen der ersten Jahre abgeleiteten Werte. Und dieses Resultat schien noch eine weitere Bestätigung in einer Diskussion der Barnardschen Messungen während der Jahre 1898 bis 1899 und 1902 bis 1903, welche kürzlich Miss Dobbin ausgeführt hat, zu finden. Mochte nun auch die von Dr. Cohn abgeleitete Säkularbewegung, da sie nur auf der Vergleichung der ersten zwei oder allenfalls drei Beobachtungsjahre beruhte, noch mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet sein, so erschien Prof. Struve doch anderseits die Abweichung von 30° pro Jahr, welche aus den neuern Messungen ge-

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1906. **43**. p. 790.

folgert worden war, zu groß, um noch eine genügende Darstellung der ältern Beobachtungen zu ermöglichen. Diese Erwägung, sowie der Umstand, daß eine vorläufige Prüfung der Beobachtungen von 1902 und 1903 zu wesentlich andern Ergebnissen als die Rechnung von Miss Dobbin führte, veranlaßten ihn, die Untersuchung von neuem aufzunehmen und auf alle Beobachtungen von Barnard am Yerkesrefraktor auszudehnen, in der Hoffnung, die Zweifel zu beseitigen, die sich hinsichtlich der Säkularbewegung des V. Trabanten und der daraus folgenden für das Jupitersystem fundamentalen Abplattungskonstante herausgestellt hatten. Das Resultat dieser Untersuchung spricht entschieden zugunsten der größern Säkularbewegung, wie sie annähernd bereits Dr. Cohn ermittelt hatte, wenngleich die Frage auch gegenwärtig noch nicht mit völliger Gewißheit zu beantworten ist.

Aus den in aller Ausführlichkeit mitgeteilten Details der Untersuchungen seien hier die schließlich erlangten Elemente des Trabanten zusammengestellt, wie solche Prof. Struve angibt:

Epoche: 1903 September 1.0 Gr. (Ausgang des Lichtes)
Länge des Trabanten vom Frühlingsäquinoktium für Jupiter, $(u) = 194.98°$
Tägliche Bewegung . . . . $(n) = 722.63175°$
Exzentrizität der Bahn. . . . . . $(e) = 0.00285$
Länge des Perihels . . . . $(\pi) = 61.3°$
Neigung der Bahnebene gegen die Ebene des Jupiteräquators $(\gamma) = 27.34'$
Knotenlänge der Bahnebene (vom selben Punkte gezählt wie u und π) $(\varrho) = 79.4°$
Bewegung des Perijoviums: 916.1° in einem julianischen Jahre.

Die Säkularbewegung setzt sich zusammen aus dem Einflusse der sphäroidischen Gestalt des Planeten und einem geringen Beitrage, der von der Anziehung der hellen Monde herrührt. Für letztern findet man, wenn man die Massen der Monde nach Laplace annimmt, $+0.59°$ pro Jahr, also eine Größe, die eigentlich erst bei einer genauern Kenntnis der Säkularbewegung in Betracht käme.

Der 6. und 7. Mond des Jupiter sind während der Opposition 1905 bis 1906 auf der Lickssternwarte beobachtet worden.[1]) Der 6. Mond wurde zuerst am 24. Juli von Albrecht und E. Smith mit dem Crossleyreflektor aufgenommen. Er stand 26′ vom Jupiter entfernt. Die Vergleichung mit dem berechneten Orte ergab, daß die Umlaufszeit 251 Tage beträgt. Der 7. Mond wurde mit dem nämlichen Instrumente am 7. August von Albrecht wiedergefunden in 54.6′ Abstand vom Jupiter. Die Vergleichung mit der Vorausberechnung von Dr. Roß macht wahrscheinlich, daß die Exzentrizität der Bahn dieses Mondes größer als 0.02 und vielleicht noch größer als 0.18 ist.

---

1) Publ. of Astron. Society of Pacific Nr. 106.

Die Umlaufsdauer ist wahrscheinlich nicht sehr verschieden von der des 6. Mondes, und beide Trabanten bewegen sich rechtläufig um den Jupiter.

Eine Berechnung ihrer Bahnen durch Dr. F. E. Roß ergab:

	6. Mond	7. Mond
Mittlere jovizentrische Rektaszension . . .	289.1°	328.2°
Länge der Perijoviums	270	337
Rektaszension des Nordpoles der Bahn . .	86.7	191
Deklination des Nordpoles der Bahn . . .	84.5	64
Halbe große Achse der Bahn (in der Distanz 5.2)	50.6′	52.5′
Umlaufszeit	251 Tage	265 Tage
Exzentrizität	0.156	0.025
Epoche	1905 Jan. 0.0 mittl. Z. v. Greenwich	
Bewegung	rechtläufig	rechtläufig

Eine neue Berechnung der Bahn des 7. Jupitermondes durch Frank E. Roß auf Grund der Beobachtungen während der beiden letzten Oppositionen des Jupiter ergab als Umlaufszeit 259.7 Tage, als mittlere Entfernung vom Zentrum des Jupiter 0.07845 Halbmesser der Erdbahn, als Exzentrizität = 0.208, als Neigung der Bahnebene gegen die Ebene des Erdäquators = 25° 28′, als Länge des aufsteigenden Knotens = 291°, als Länge des Perihels = 118°. Dieser Satellit steht nur um sehr wenig weiter vom Jupiter entfernt als der 6. Jupitermond, nämlich um etwa 2% oder 170 000 engl. Meilen. Beider Bahnen sind 28.1° gegeneinander geneigt, und wegen der großen Exzentrizitäten derselben kommen diese beiden Monde einander niemals näher als bis auf etwa 2 Millionen engl. Meilen.[1])

Photometrische Beobachtungen der sechs hellern Saturnmonde. Im Sommer und Herbste 1905 hat Dr. Paul Guthnick eine Anzahl photometrischer Messungen der fünf hellern Saturnmonde am 11-zolligen Refraktor der Bothkamper Sternwarte ausgeführt, um die ältern Angaben über den Helligkeitswechsel zu prüfen. Er verglich die Helligkeit der Trabanten mit derjenigen von vier benachbarten Sternen, die von Prof. Pickering bestimmt worden sind, und für welche die Größen 8.49, 10.52, 11.95, 11.19 von letzterm angegeben wurden. Ein paarmal wurde auch ein 5-zolliger Refraktor benutzt, für welchen Tethys und Dione selbst bei Mondschein leichte Objekte waren, während Enceladus damit nicht wahrgenommen werden konnte.

Die Beobachtungen von Dr. Guthnick ergaben,[2]) abgesehen von Iapetus, auch für Titan, Rhea, Dione und Tethys die Wahrscheinlichkeit von Helligkeitsänderungen, die mit den Umlaufszeiten periodisch sind. Jedoch ist die Zahl der Beobachtungen in Anbetracht der naturgemäß ziemlich großen zufälligen Fehler der Messungen

---

1) Astron. Nachr. Nr. 4101.
2) Astron. Nachr. Nr. 4098.

infolge der äußerst ungünstigen Witterung der zweiten Hälfte des vergangenen Jahres, bei weitem nicht groß genug geworden, um dem Resultate die gewünschte Sicherheit zu geben. Die mittlern Helligkeiten sind dagegen mit genügender Genauigkeit ermittelt. Die folgende kleine Übersicht gibt in der ersten Kolumne die Nummer des Satelliten, in der zweiten die mittlere Oppositionsgröße nach den Bothkamper Messungen, in der dritten dieselben Größen nach Pickering.

Trabant	Bothk.	Pick.
II	(11.66)m	12.34m
III	10.72	11.40
IV	10.73	11.51
V	10.12	10.82
VI	8.53	9.44
VIII	10.79	11.74

Die Helligkeit von Enceladus (II) beruht auf nur zwei befriedigend gelungenen Messungen im Juli und gilt für die östliche Elongation; weitere Messungen, welche sehr klare und nicht zu unruhige Luft erfordern, sind später noch mehrmals versucht worden, aber stets an der Ungunst der Witterung gescheitert.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß Dr. Guthnick die sechs Trabanten sämtlich heller findet als Prof. Pickering, und zwar im Durchschnitte um 0.8 Größenklasse, ein ähnlicher, aber nur halb so großer Unterschied hatte sich früher bei Vergleichung seiner Messungen mit denjenigen zu Cambridge für die Jupitermonde gezeigt. Was den Lichtwechsel der Monde anbetrifft, so findet Dr. Guthnick, daß Iapetus seine größte Helligkeit (9.85 Größe) in 280° Länge in seiner Bahn erreicht, die geringste (10.63 Größe) in 75° Länge. Im allgemeinen stimmt dies mit dem Befunde Pickerings überein, doch zeigen beide Messungen Verschiedenheiten der Lichtkurve, deren Ursache noch zu ermitteln bleibt.

Titan zeigt die größte Helligkeit (8.9 Größe), wenn er sich mit Saturn in oberer Konjunktion befindet, wird dann heller bei 75° Länge in seiner Bahn (bis zu 8.4 Größe), sinkt abermals bis 180° Länge (nahe auf 8.65 Größe) und steigt in 225° Länge bis zur größten Helligkeit (8.25 Größe), um dann in 280° Länge, also nahe der westlichen Elongation, schnell (auf 8.65 Größe) abzunehmen.

Bei Rhea ist der Verlauf der Helligkeitsschwankung noch unsicher, da die Beobachtungen nicht befriedigend übereinstimmen. Im Minimum ist der Trabant 10.6 Größe, in der östlichen Elongation erscheint er 9.8 Größe, nimmt dann bis zur untern Konjunktion bis auf 10.6 Größe ab und wird auf der Westseite der Bahn abermals bis zu 10.1 Größe heller.

Dione zeigt in den Lichtschwankungen große Ähnlichkeit mit Rhea. Am schwächsten (11.2) Größe ist sie nahe der obern Konjunktion, steigt dann gegen die östliche Elongation hin bis 10.3 Größe,

sinkt nahe der untern Konjunktion bis 11.1 Größe und steigt auf der Ostseite ihrer Bahn bis 10.7 Größe, um nun wieder abzunehmen.

Tethys. Hier sind die Helligkeitsschwankungen ähnlich, und sie könnten nach Guthnick durch die Annahme erklärt werden, daß dieser Trabant eine stark ellipsoidische Gestalt besitzt, und die Verlängerung gegen den Saturn hin gerichtet ist. Die Entscheidung über diese Hypothese muß fernern Beobachtungen vorbehalten bleiben.

„Was,“ sagt Dr. Guthnick, „an den Lichtkurven der Saturnsatelliten ebenso wie an denen der Jupitertrabanten besonders auffallen muß, ist die offenbare Beziehung der Helligkeitsbewegungen zu den Konjunktionen. Diese Beziehung erscheint um so stärker ausgeprägt, je kleiner der Abstand vom Planeten ist. Während die Tethys, Dione und Rhea mit jeder Konjunktion und Elongation ein Minimum, bzw. Maximum einhergeht, ist zunächst bei Titan das Minimum in der untern Konjunktion nur noch schwach angedeutet, bei Iapetus ist überhaupt kein Zusammenhang mehr erkennbar. Ähnlich verhalten sich die Jupitertrabanten, indem bei dem äußersten das Minimum in der untern Konjunktion kaum angedeutet ist. Jedoch tritt bei den Jupitertrabanten das Schwächerwerden der Beziehung mit der wachsenden Entfernung vom Zentralkörper nicht so deutlich zutage als bei den Saturnsatelliten, indem Trabant II sich etwas abweichend verhält; es ist bemerkenswert, daß seine Dichtigkeit bei weitem die größte unter den Jupitertrabanten ist. Dieser Sachverhalt legt die Vermutung, daß die Helligkeitsänderungen der innern Satelliten des Jupiter und Saturn zum Teil von einer stark ellipsoidischen Gestalt derselben herrühren könnten, welche Vermutung ich durch die Beobachtungen der Jupitertrabanten allein nicht glaubte stützen zu können, doch wieder näher.“

Mond.

Neubildungen auf dem Monde. Eine ausführliche Darlegung und Kritik der bisherigen Beobachtungsergebnisse in dieser Hinsicht gab Dr. Klein.[1]) Er gelangt zu dem Ergebnisse, daß Veränderungen auf dem Monde unzweifelhaft stattgefunden haben und nachgewiesen sind, doch sind sie sehr selten und keineswegs sehr hervortretend. „Beim Mangel eigener genügender Kenntnis,“ sagt der Verfasser, „berufen sich selbst heute noch Astronomen auf Mädler und behaupten, daß dieser physische Veränderungen auf dem Monde durchaus in Abrede gestellt habe.“ Das ist aber tatsächlich gar nicht der Fall, vielmehr sagt Mädler ausdrücklich: „Wir haben nirgends behauptet, daß es auf dem Monde gar keine zufälligen Veränderungen

---

[1]) Sirius 1906. p. 121.

gebe; wir behaupten ebensowenig die Unmöglichkeit, jemals dergleichen wahrzunehmen; nur das müssen wir festhalten, daß die bisherigen und namentlich die Schröterschen Beobachtungen uns kein sicheres Resultat dieser Art geliefert haben, noch liefern können, und daß eine künftige Forschung auf ganz andern Grundlagen beruhen und in ganz anderer Art durchgeführt werden müsse, wenn die Wissenschaft eine reelle Ausbeute davon erwarten soll."

Die Grundlagen zu solchen Forschungen sind seitdem vorhanden, und zwar in den Arbeiten von Mädler, Schmidt, Neison und andern, und sie haben in der Tat in einigen Fällen zum Nachweise stattgefundener physischer Veränderungen auf der Mondoberfläche geführt. In jüngster Zeit ist aber merkwürdigerweise diese Tatsache wieder als zweifelhaft hingestellt, ja sogar ziemlich absprechend darüber geurteilt worden. Ich unternehme daher, den Gegenstand nochmals zu erörtern in der Hoffnung, daß meine Darstellung dazu beitragen wird, unbegründete Urteile in dieser Frage fernerhin zu verhindern.

Eine Darlegung des gegenwärtigen Standpunktes der Forschung in betreff dieser Frage ist auch deshalb zeitgemäß, weil die Selenographie infolge der Ausbildung, welche die cölestische Photographie erlangt hat, an der Schwelle einer ganz neuen Epoche steht. Die Zeit, in welcher die Mondoberfläche durch einen einzelnen aufgenommen und kartographisch in konventionellen Zeichen dargestellt wurde, ist vorüber; die photographische Aufnahme hat sie verdrängt, und es kann fernerhin nur darauf ankommen, diese Aufnahmen richtig zu benutzen. Diese Ausnutzung knüpft sich aber nicht etwa an die nachträgliche übermäßige Vergrößerung des photographischen Bildes, sondern Darstellungen, wie sie der neue photographische Atlas des Mondes, den die Pariser Sternwarte herausgibt, oder wie sie die herrlichen Photographien einzelner Mondlandschaften, die auf der Yerkessternwarte erhalten wurden, zeigen, genügen vollkommen, um darauf ein weiter gehendes Studium der Mondformationen zu begründen. An und für sich enthalten diese Photographien nichts, was man nicht auch an einem $3^1/_2$- oder 4-zolligen Refraktor direkt sehen kann, allein sie bieten für den scheinbaren und wirklichen Zusammenhang der Formationen untereinander und für das tatsächlich sichtbare Material Dokumente von unschätzbarem Werte.

Gemäß der kritischen Darlegungen des Verfassers haben seit 1791 auf dem Monde Veränderungen stattgefunden:

1. beim Zentralkrater des Posidonius (gelegentliche Ausfüllung desselben durch Materie aus dem Innern);

2. bei einem Berge südlich von der Ariadäusrille. (Dieser Fall ist jedoch nach Ansicht des Verfassers zweifelhaft);

3. beim Krater Linné (Ausfüllung des alten Kraters, von Jul. Schmidt entdeckt).

4. Neubildung des Kraters Hyginus N (von Dr. Klein entdeckt) und des sehr kleinen Kraters Hyginus N′ (von J. N. Krieger entdeckt);

5. Neubildung eines Kraters im Mare Nectaris (von Dr. Klein nachgewiesen).

6. Veränderungen beim Doppelkrater Messier (vielleicht nur optisch).

7. Neubildungen auf der innern Fläche des Plato (zweifelhaft).

8. Zeitweise Bedeckungen gewisser Stellen der Mondoberfläche.

Neue Beobachtungen über den Mondkrater Linné und den ihn umgebenden hellen Fleck hat Dr. C. W. Wirtz am 18-zolligen Refraktor der Straßburger Sternwarte ausgeführt.[1])

Seinen frühern Messungen aus dem Jahre 1903 sind 39 neue, welche in die Jahre 1904 bis 1906 fallen, gefolgt. Er hat dabei den Durchmesser des runden, hellen Fleckens im Linné, oft auch den Durchmesser des eigentlichen Kraters (der aber wegen seiner Kleinheit nur bei niedrigem Sonnenstande sich durch Schatten verrät), dann auch zum Vergleiche den benachbarten Krater Linné B gemessen. Letzterer ist eine tiefe Grube mit niedrigem Walle, ein Gebilde, das bei Vollmond dem Linné ziemlich ähnlich sieht und dann nur wenig schärfer begrenzt erscheint als dieser.

In einer Tabelle gibt Dr. Wirtz die Ergebnisse seiner Messungen, geordnet nach der Zeit seit dem letzten Neumonde und ausdedrückt in Kilometern. Werden die Messungen in neun Normalbestimmungen zusammengefaßt, so ergibt sich folgende Tabelle, in der unter A die Zahl der Tage nachdem Neumonde oder das sogenannte Mondalter sich findet, und die entsprechenden Durchmesser für Linné und Linné B in Kilometern angegeben sind.

A	Linné *km*	Linné B *km*
7.47^{d}	7.46	4.58
8.80	6.78	4.89
10.43	7.37	5.26
11.47	6.35	5.06
12.35	6.84	5.21
13.91	6.74	5.42
16.40	7.29	5.66
18.54	8.01	5.56
20.31	8.40	6.43

Der Durchmesser des hellen Fleckes im Linné ergibt sich hieraus im Mittel zu 7.28 *km*, dagegen von Linné B zu 5.34 *km*. Den Durchmesser des Zentralkraters von Linné findet Dr. Wirtz im Mittel zu 1.16 *km*.

Prof. Barnard hat im Jahre 1903 den Durchmesser des hellen Fleckes Linné am 40-zolligen Refraktor der Yerkessternwarte gemessen und die Veränderung seiner Größe sehr ausgesprochen gefunden. indem die Schwankungen bis zu 5 *km* betrugen, während Dr. Wirtz in Straßburg etwa 2 *km* dafür ermittelte. Dabei war die mittlere Auffassung der Größe des Lichtfleckes für beide Beobachter nahe identisch; aus Barnards sämtlichen Messungen folgt im Mittel der Durchmesser zu 7.04 *km*, gegen Straßburg mit 7.28 *km*. Dieser letztere Wert harmoniert wieder gut mit dem aus Dr. Wirtzs erster Beobachtungsreihe (1903) gefolgerten Betrage von 7.29 *km*, und auch die Übereinstimmung des mittlern Durchmessers 5.34 *km* des Vergleichskraters aus

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4098.

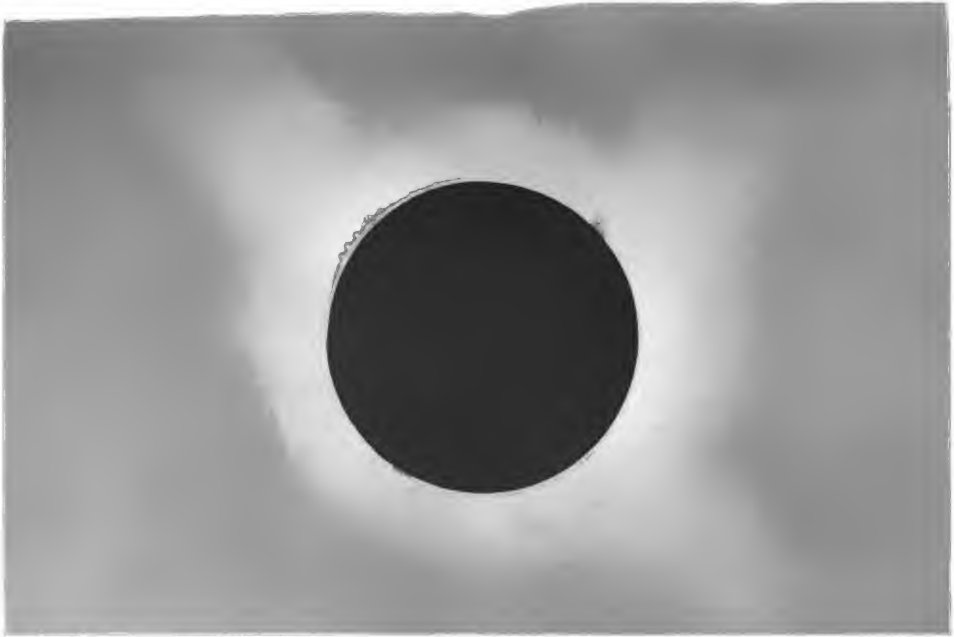
der neuen Reihe mit dem durch die frühern Beobachtungen gegebenen (5.76 *km*) darf als genügend betrachtet werden.

Stellt man die Größenänderungen des Linné und von Linné B durch je eine Kurve dar, so laufen nach den Straßburger Beobachtungen beide Kurven nahezu parallel, und schließlich ergibt sich im allgemeinen das gleiche Resultat wie bei der ersten Beobachtungsreihe (1903), nämlich, daß die Zunahme des scheinbaren Durchmessers des Fleckes für jeden Tag nach dem Neumonde 0.1 *km* beträgt. Ein ähnliches Verhalten ergibt sich für beide Krater auch aus den Messungen, welche Dr. Wirtz während der Mondfinsternis des 14. August 1905 ausführte.

„Die Straßburger Beobachtungen," sagt Dr. Wirtz, „lassen eine doppelte Erklärungsmöglichkeit offen, entweder es erstreckt sich das die Schwankung von Linné verursachende Medium so weit, daß auch der nicht allzuweit (etwa 90 *km*) von Linné entfernte Krater B in den Wirkungskreis fällt und wirklich diesen Änderungen mit unterworfen ist, oder aber die ganze Erscheinung ist nicht reell; sie mag als eine Folge der Beleuchtung gelten, und alle in der gleichen Gegend gelegenen Objekte unterliegen ihr in analoger Weise. Auf die große Bedeutung der Lage der Lichtgrenze für das Aussehen von selenographischem Detail haben alle Mondbeobachter mit Nachdruck hingewiesen. Auch die Gleichartigkeit, mit der das Linnéphänomen von verschiedenen Beobachtern aufgefaßt wird, darf man noch nicht für dessen Realität in Anspruch nehmen; denn physiologische Eigentümlichkeiten haben bei allen Individuen im großen und ganzen denselben Gang, z. B. der Komplex von Vorgängen, den man unter dem Namen persönliche Gleichung, Helligkeitsgleichung zusammenfaßt. Der hier sowohl während wie außerhalb von Mondfinsternissen beobachtete Vorgang würde physiologisch bedeuten, daß man ein heller bestrahltes Objekt kleiner mißt als ein dunkleres; von vornherein dünkt das unwahrscheinlich."

„Es ist nicht leicht, sich für eine dieser Eventualitäten mit Sicherheit zu entscheiden, auch nicht durch neue Beobachtungsreihen. Bleibt man bei einem nahe dem Linné gelegenen Vergleichskrater, so begegnet man dem Einwurf, daß vielleicht dieses Objekt noch in der Wirkungssphäre des Linné stecke, und geht man zu Kratern in großer Entfernung von Linné über, so treten gänzlich andere Beleuchtungsverhältnisse ein; teilweise begibt man sich der Möglichkeit gleichzeitiger Beobachtung der Objekte, und der Gang des zweiten Kraters sagt dann nichts mehr zur Entscheidung aus."

„Bei dieser Lage der Verhältnisse gewinnen die Notizen über das physische Aussehen der beiden Krater an Interesse, weil sich danach vielleicht der Grad der Wahrscheinlichkeit der einen oder andern Hypothese beurteilen ließe. Aus den mitgeteilten Durchmesserschätzungen des Zentralkraters kann man ihrer natürlichen Unsicherheit wegen nichts weiter als den schon angeführten Durchmesser = 1.16 *km* ableiten, und die beobachteten Veränderungen im Aussehen des Linné selbst halten sich in so engen Grenzen, daß man sie wohl immer unmerklichen Schwankungen im Luftzustande zur Last legen kann. Der Lichtfleck war stets unscharf, meist zerzaust und wies noch eine blasse Aureole von geringer, von Tag zu Tag ein wenig wechselnder Breite auf. Bei niedrigem Sonnenstande (1905 Nov. 17) warf der Linné keinen Schatten, die der Sonne abgekehrte Seite erschien nur dunkler als die ihr zugewandte; demnach handelt es sich hier um einen um den kleinen Zentralkrater herum in ungemein flacher Böschung aufgeschütteten Wall. Die eigentliche Krateröffnung blieb nur bei niedrigem Sonnenstande durch ihr schattenerfülltes Inneres kenntlich; aber auch dann wich dieser Schatten merklich von der Art des sonstigen Schattenwurfes auf der Mondoberfläche ab. Er sah nämlich weit blasser und matter aus als die gewöhnlichen scharfen Schattenbänder der Gebirgsketten und Kraterwälle, so daß man in Verbindung mit dem hellen fleckartigen Aussehen den Eindruck gewann, als ob eine strohfarbene, zäh fluktuierende, durchsichtige Materie sich über dem ganzen Gebilde ausbreite. Im Zusammenhange damit könnte es dann auch stehen, daß ich den Lichtfleck oft länglich sah in einer dem



Ed H Mayer Verlag
Leipzig

Jahrbuch XVII 1906.
Tafel I.

Die Korona während der totalen Sonnenfinsterniss
am 30. August 1905.

Gezeichnet auf dem Ebro Observatorium von F. Coronas.

Parallel nahen Richtung. Ferner zeigten sich am 12. Februar 1905 im Positionswinkel 65° und 245° beiderseits zwei lappige, äußerst zarte lichte Ausschießer an dem sonst gut runden Flecke, die am nächsten Tage schon mit ihm zusammengeflossen waren und ihn im Positionswinkel 70° leicht gedehnt erscheinen ließen. Das Achsenverhältnis der Dehnung liegt gewöhnlich zwischen 5 : 3 und 3 : 2.

Der Vergleichskrater ist eine tiefe Kratergrube mit niedrigem, dünnem, steilem Walle; bei kleinen und hohen Mondaltern gut begrenzt, verliert sich die Schärfe seines Umrisses rasch bei steigender Sonne, und nahe dem Vollmonde wird sein Aussehen dem des Linné sehr ähnlich; selbst eine schmale Aureole ließ sich bisweilen beobachten. Die Flächenhelligkeit von Linné B übertraf die von Linné um Vollmond herum erheblich; am 14. August 1905, kurz vor Vollmond, taxierte ich die Flächenhelligkeit des Linné B um $^3/_4$ Helligkeitsklasse größer als die von Linné.

Einen andern Versuch zur Aufklärung des Linnéphänomens habe ich noch nach Abschluß der ganzen Beobachtungsreihe gemacht. Ist die Vergrößerung des Linné nur scheinbar, durch physiologische Eigentümlichkeiten veranlaßt, so muß die Erscheinung auch zustande kommen, wenn man den Krater durch Blendgläser verdunkelt. Das entspräche also beiläufig den Verhältnissen bei einer Mondfinsternis. Am 3. Mai 1906 maß ich daher die Durchmesser von Linné und Linné B einmal wie gewöhnlich ohne Blendglas und dann mit einem grünfärbenden Blendglas vor dem Okular, das eine Absorption von etwa drei Größenklassen besaß. Es zeigte nun schon der bloße Anblick, daß der Fleck um Linné mit Blendung größer erschien als ungeblendet, und die Messung bestätigte auch diesen unmittelbaren Eindruck. Die Anordnung der Beobachtungen war streng symmetrisch; die Einstellungen mit Blende wurden zwischen die ohne Blende eingeschaltet und je zwei vollständige Durchmesserbestimmungen der Objekte vorgenommen. Im folgenden sind die Mittel der beiden Messungen angeführt.

1906	M. Z. Straßb.	Linné: ohne Blende *km*	Linné: mit Blende *km*	Vergleichskrater: ohne Blende *km*	Vergleichskrater: mit Blende *km*
Mai 3	9.7h	7.25	8.90	5.17	6.20

Der verlangte Sinn spricht sich also deutlich aus. Bei Linné sah es so aus, als ob die Blendung am nachdrücklichsten den hellen Hintergrund des Mare serenitatis träfe, und auf dem dunklern Grunde dann die helle, vom Krater ausgehende Materie sich weiter verfolgen lasse.

Entscheidenden Wert darf man meines Erachtens diesem Versuche nicht beilegen. Denn bei der einfachen Beziehung, in der hier das Resultat zur Messung steht, kann nur zu leicht unbewußte Voreingenommenheit ihr Spiel treiben. Dagegen halte ich den Einfluß derartiger Voreingenommenheit bei meiner Hauptreihe für ausgeschlossen."

Zusätzlich bemerkt Dr. Wirtz noch, daß ihm Linné am 29. Mai 1906, als die Sonne für den Krater gerade aufgegangen war, einen ungewohnten Anblick darbot. „Von dem sonst stets gesehenen hellen Flecke war keine Spur zu erkennen. Man erblickte nur einen trotz geringer mittlerer Böschung scharf begrenzten, glockenförmigen Berg von kleiner Grundfläche. Die in derselben Weise wie früher vorgenommene Beobachtung ergab folgende Resultate:

Durchmesser von Linné: 3.46 *km*
Durchmesser von Linné B: 5.84 *km*.

Nach mikrometrischer Messung lief die Lichtgrenze in einem Abstande von nur 64.5 *km* an Linné vorbei. Da ferner die Länge des schmalen, spitzen Schattens durch Schätzung zu 4.33 *km* gefunden wurde, so folgt als Höhe $H = 160$ *m* über der Ebene des Mare serenitatis, und als mittlerer

Böschungswinkel kommt nur 5° heraus. Die feine Krateröffnung in der Mitte schien zwar hier und da aufzublitzen; mit Bestimmtheit vermochten wir ihre Sichtbarkeit aber nicht zu konstatieren. Der Zusammenhang des Linné-phänomens mit dem Sonnenstande dürfte daher ein ähnlicher sein, wie der der von Tycho und einigen andern Kratern ausgehenden hellen Streifen, deren Natur allerdings auch noch der Aufklärung harrt. Außerdem spricht diese Beobachtung entschieden gegen die mehrfach angenommene Deutung der Durchmesserbestimmungen des hellen Fleckes, als ob er im Maximum seiner Ausdehnung aus der Nachtseite des Mondes heraustrāte. Im Gegenteil, er ist dann gar nicht vorhanden. Was man nun weiter mit höhersteigender Sonne beobachtet, muß nach allem als eine Mischung von physiologischen Vorgängen („Helligkeitsgleichung") und von reellem Niederschlage der Flecksubstanz um den zentralen Berg betrachtet werden."

Die Verteilung der dunklen Mareflächen auf dem Monde hat Prof. J. Franz genauer untersucht.[1]) „Die auffälligsten Unterschiede, sagt er, „die jetzt die Mondoberfläche zeigt, bestehen in dem Gegensatz zwischen den kraterreichen hellen Gebirgsgegenden und den kraterarmen dunklen Flächen, den sogenannten Meeren. Die Meere bilden meist Flächen, die einander von außen berühren. Sie bilden also eine Reihe nebeneinander liegender Flächen. Loewy und Puiseux haben darauf aufmerksam gemacht, daß oft in den Meeren, besonders in den ausgedehnten auf der Ostseite des Mondes, teilweise versunkene Krater vorkommen. Außer den großen Meeresflächen kommen einzelne Krater vor, deren Inneres mit dunkler Meeresfarbe angefüllt ist. Mädler bezeichnet diese als „Kratermeere". Von solchen finden sich auf der Osthälfte nur Plato, Billy und Krüger. Sie sind aber nahe dem Westrande sehr häufig. Hier besteht, wie man bei günstiger Libration sieht, das Mare Spumans, Mare Undarum, Mare Anguis und ein kleines hammerförmiges Meer, um +44° Länge +33° Breite, ganz aus Kratermeeren, das Mare Australe fast ganz, das Mare Marginis zum Teile. Hanno, Oken, Marinus d, Abel, Apollonius, Firmicus, Neper, Timoleon, Plutarch, Seneca, Franklin und Endymion sind ihrer dunklen Binnenfarbe wegen gleichfalls zu den Kratermeeren zu zählen. Außerdem treten Krater auf, deren Inneres nur zum Teile mit dunkler Meeresfarbe bedeckt ist. Von solchen partiellen Kratermeeren hat die Ostseite des Mondes Schikard, Grimaldi und Riccioli, die Westseite W. Humboldt, Condorcet, Hercules und das Mare Humboldtianum. Letzteres liegt in einer großen, kraterähnlichen Depression, die weit über den Mondrand hinübergeht. Wenn man die Meere durch ihre dunkle Farbe definiert, so muß man auch die Kratermeere zu ihnen rechnen. Sie schließen sich auch ihrer Lage nach den Flächen der Maren so an, daß sie die Reihe der Flächen erweitern und vervollständigen.

Frei von Meeren ist dagegen ein großer Teil der Südhälfte des Mondes. Aber auch sein Nordrand in dem ausgedehnten und

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1906, p. 575. — Sirius 1906. p. 223.

nur durch die orthographische Projektion perspektivisch verkürzten Gebiete jenseits des Mare Frigoris und des Sinus Roris zeigt sich völlig frei von Meeren. Wären solche dort vorhanden, so würden sie ebenso deutlich sichtbar werden, wie beispielsweise das Mare Smythii am Mondrande im Äquator. Denn bei Vollmond stehen alle Randgegenden unter gleichen Bedingungen der Sichtbarkeit.

Man kann also die sichtbaren Umgebungen beider Pole als Teile von Polarkappen betrachten, die eine Zone nebeneinanderliegender Meere umgeben.

Daß ein solcher Gürtel der Meere wirklich vorhanden ist, erkennt man leicht, wenn man den Mond in stereographischer Projektion zeichnet. Er zeigt sich richtiger und deutlicher auf einem Mondglobus. Noch mehr, aber freilich übertrieben deutlich, würde er in Mercators Projektion erscheinen. Nur die orthographische Projektion hat die Existenz des Gürtels der Meere bisher dadurch verschleiert, daß sie die Meere des Nordens und Nordostens zu nahe an den Rand brachte.

Der Gürtel ist keineswegs regelmäßig. Er ist vielfach unterbrochen und wird an seiner Nord- und Südseite von mehr oder minder isolierten Meeren begleitet. Er liegt auf der sichtbaren Seite des Mondes mehr nördlich als südlich vom Äquator.

Seine Realität wird noch mehr verbürgt durch die Auffindung von Meeren in den Äquatorgegenden des Mondrandes und in den benachbarten Teilen der Rückseite des Mondes, die in Breslau dem Verfasser bei der Ausmessung der Randpartien bei günstiger Libration gelang. Denn diese Meere setzen den Gürtel beiderseits weiter fort. Erwähnt seien hier mit vorläufigen oder neuen Bezeichnungen ein Mare Marginis zwischen + 9.0° und + 18.2° selenographischer Breite und von + 75° bis über + 95° Länge hinaus, ein Mare trans Hahn zwischen + 30.5° und 33.6° Breite, welches südlich bei + 92.5° und nördlich hinter + 96.5° Länge beginnt. Am Ostrande liegt ein großes, sehr dunkles Mare Orientale zwischen — 24.3° und — 12.7° Breite, das an seiner Südseite erst hinter — 90.4° Länge, an seiner Nordseite noch weiterhin beginnt.

Es ist von Wichtigkeit, zu untersuchen, wo sich die durchschnittliche Lage des Gürtels der Meere hinzieht, und wo seine Pole liegen, ferner ob der Gürtel einen größten oder einen kleinen Kugelkreis umgibt. Hierzu hat Prof. Franz die Mondoberfläche in rechtwinklige Trapeze von je 20° Länge und 20° Breite geteilt, die von den Längen- und Breitengraden von ± 10°, 30°, 50°, 70° begrenzt werden, und schätzte nach Prozenten der Trapeze die in ihnen enthaltenen Meeresflächen, sowie ihren Schwerpunkt. Die Schätzungen geschahen mit Hilfe von geeigneten, mit Gradnetz versehenen Mondkarten auf den Photogrammen des Mondes, indem er anfangs die Vierecke auf Photogrammen durch Papierstreifen abgrenzte, und später, indem er das Gradnetz in die Photogramme einzeichnete.

Sie bereiteten einige Schwierigkeiten dort, wo die Meere nicht scharf begrenzt sind, wo halbdunkle Meere, wie die Paludes, auftreten und in Gegenden, wie westlich von Langrenus, die nach manchen Karten noch Meere sind, nach andern nicht. Um ein einfaches Kriterium zu haben, wendete er nur die sogenannte Farbe, also die Dunkelheit, als solches an, und so erhielten die weniger dunklen Flächen bei den Schätzungen von vornherein weniger Gewicht, so wurden helle Krater in den Meeren (wie Kopernikus, Kepler und Aristarch) nicht zu den Meeren gerechnet, ebensowenig ihre hellen Umstrahlungen, obwohl diese als über den Meeren liegend offenbar später entstanden sind. Aber dieses Moment ist für das Gesamtresultat ohne erheblichen Einfluß, weil die Umstrahlungen nahezu in der Mitte des Gürtels liegen. Für die Meere, die am Mondrande liegen oder jenseits derselben, wurden Zeichnungen in Band II der Breslauer Mitteilungen und noch unveröffentlichte Breslauer Messungen zu Hilfe gezogen.

Die genannten Schätzungen wurden wiederholt ausgeführt, so daß im ganzen fünf Reihen von Schätzungen sich über den Mond erstrecken.

Auf Grund dieser Bestimmungen und daran anknüpfender mathematischer Berechnungen findet Prof. Franz, daß der Pol des Maregürtels zwischen Moretus, Gruemberger und Klapprot liegt. Der Gürtel ist 20° 55.3′ gegen den Äquator geneigt, und sein aufsteigender Knoten auf dem Äquator liegt in 74° 13.6′ Länge bei Maclaurin, östlich vom Mare Smythii. Die Verdünnung des Gürtels liegt im Mare Spumans, südwestlich von Apollonius. Seine Anschwellung liegt zwischen Euler und Mayer im Oceanus Procellarum. Jedoch sind die beiden letzten Stellen unter der Bedingung bestimmt, daß sie 90° voneinander abstehen.

Der Gürtel der Meere fand sich ferner als ein kleiner Kugelkreis, 88° 9.6′ vom Südpole des Gürtels, also wenig vom größten Kugelkreise entfernt.

Von Interesse ist die Frage nach der Gesamtfläche der Maren auf der in mittlerer Libration der Erde zugekehrten Hälfte der Mondoberfläche. Diese berechnete Prof. Franz zu 32.205%. Dieser Betrag ist die Summe aller Meere, Seen und Kratermeere und enthält zum Teile die halbdunklen Paludes. Hiernach kann man sagen, die sichtbare Mondoberfläche enthält ein Drittel dunkle Meeresfläche und zwei Drittel helles, kraterreiches Gebirgsland oder Hochland. Die Zone der Meere ist nach Franz durchschnittlich 38° 56.5′ breit. Doch liegen ebensoviele Mareteile außerhalb dieses Gebietes wie helle Flächen innerhalb derselben.

Wie die unmittelbare Beobachtung andeutet und die genauern Untersuchungen bestätigen, liegen die sogenannten Meere des Mondes durchschnittlich tiefer als das helle Gebirgsland. „In ihnen,“ sagt Prof. Franz, „besonders im Oceanus Procellarum finden sich viele halbversunkene oder, wenn man es so nennen will, überschwemmte

Krater. Am Strande erscheinen sie als Bogen, die nach der Meerseite geöffnet sind, und deuten klar darauf hin, daß das Meer (Mare) selbst eine eingesunkene Fläche ist. Sie haben dann die Gestalt von Meerbusen wie der bedeutende Sinus Iridum am Nordrande des Mare Imbrium. Von weitern Kraterresten liegt auch Pico, im Mare Imbrium. Im Oceanus Procellarum finden wir Harbinger, als Halbkrater, Stadius, fast ganz versunken, Fra Mauro größtenteils; die Riphaeen sind Reste von drei Kratern, Bonpland, ist an der Südseite versunken; in — 52° Länge — 4° Breite, — 44° Länge — 3° Breite, und — 39° Länge — 7° Breite liegen halbversunkene Krater, von Letronne ist die Nordseite versunken, in — 17° Länge — 17° Breite liegen drei Halbkrater. Am Rande des Mare Humorum sind Agatharchides, Hippalus, Lee und Doppelmayer Kraterreste, im Mare Tranquillitatis die Umgebung von Jansen, am Mare Serenitatis Le Monnier. Die Meere selbst machen den Eindruck ausgedehnter Einbruchsgebiete, zum großen Teile mit stehengebliebenen Hochrändern."

Höhenbestimmungen von Mondbergen hat Dr. V. Huvler ausgeführt,[1]) und zwar auf Grund des Prager photographischen Mondatlasses von Prof. L. Weinek. Es wurden darin die Schattenlängen mit einem Halbmillimetermaßstabe gemessen und die Positionen der Punkte nach Mädler und Schmidt angenommen. Verf. gibt eine kritische Übersicht der bisherigen Methoden zur Höhenbestimmung der Mondberge. Die Berechnungen erstrecken sich auf 12 Punkte des Sinus Iridum, 28 Punkte der Alpen, 34 Punkte im Kaukasus, 19 Punkte im Mare Crisium, 12 Punkte bei Eratosthens, 26 Punkte bei Theophilus und Umgebung, 19 Punkte bei Archimedes, 18 Punkte bei Plato, 17 Punkte bei Plotemäus, 34 Punkte bei Orontius, Nasireddin und Saussure.

Die Sichtbarkeit des Erdschattens außerhalb der Mondscheibe ist während der Mondfinsternis des 14. August 1905 von Dr. C. W. Wirtz auf der Sternwarte zu Straßburg beobachtet worden.[2]) „Die Beobachtungen," sagt Dr. Wirtz, „erstrecken sich über Schattengestalt und -größe und über das Verhalten des Kraters Linné. Das Wetter war nicht gerade günstig; häufig trieb leichtes Gewölk vor dem Monde vorüber, und ein feiner Cirrusdunst wich fast nie während der ganzen Erscheinung.

Der Erdschatten bot eine zur Messung hinlänglich scharfe Begrenzung, und die verfinsterte Mondsichel blieb bis Tagesanbruch stets sichtbar, derart, daß die Breiten des verfinsterten Teiles sich

[1]) Jahresbericht d. K. K. Erzherzog-Rainer-Gymnasiums im II. Gemeindebezirk in Wien. Wien 1906. Selbstverlag des Verfassers.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 4087.

leicht einstellen ließen. Der Halbschatten schien sehr dunkel; denn während der Kernschatten um $0^h\ 41^m$ Sternzeit die Scheibe erreichte, sah man schon $0^h\ 24^m$ an der Eintrittsstelle einen dunklen, schieferigen Ton. Um $1^h\ 0^m$ Sternzeit zeigt sich in der Mitte des verfinsterten Segmentes eine zarte Rötung, und um $1^h\ 12^m$ liegt die stärkste Rötung, ein Braunrot, am südlichen Ende der Sichel; um $1^h\ 36^m$ nimmt der ganze verfinsterte Teil eine gleichförmige, rostbraune Färbung an. Kurz darauf ($1^h\ 40^m$) fällt mir von selbst die Sichtbarkeit des Erdschattens außerhalb des Mondes auf, und zwar sehe ich die Schattenkontur noch auf etwa 1′ bis 2′ über die Mondscheibe hinaus in einem leicht rot getönten hellen Schiefergrau. Dieses Phänomen hielt indes nur wenige Minuten an, auch dann nur intermittierend, während immerzu kleine Wolkenfetzen vorübertreiben. Später und vorher erkannte ich nichts von der seltenen Erscheinung, trotzdem ich häufig danach ausschaute.“

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1905. Prof. H. Kreutz[1]) gab eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen des Jahres 1905, der folgendes entnommen ist:

Komet 1904 I (1904 a). Der Komet hat im Jahre 1905 bei langsamer Lichtabnahme noch fünf Monate hindurch beobachtet werden können; die letzte Ortsbestimmung ist 1905 Juni 5 von Howe in University Park (Colo.) angestellt worden, so daß die gesamte Sichtbarkeitsdauer 415 Tage betragen hat. Eingehende physikalische und photometrische Beobachtungen sind von Wirtz 167. 289; 168. 365 und von Holetschek 167.367 veröffentlicht worden.

Komet 1904 II (1904 d). Die letzte Beobachtung ist 1905 Mai 2 auf der Sternwarte in Nizza angestellt worden. In der letzten Zeit der Sichtbarkeit besaß der Komet die Helligkeit eines Sternes 14. Größe.

Zweiter Tempelscher Komet 1904 III (1904 c). Der sehr lichtschwache Komet hat auf der Sternwarte University Park (Colo.) bis 1905 Januar 2 verfolgt werden können.

Komet 1905 II (1904 e) (Borrelly). Der Komet war von Mitte März 1905 an außerordentlich lichtschwach, konnte aber doch noch in Wien bis April 25, in Straßburg bis Mai 9 und auf dem Naval Observatory in Washington bis Mai 24 verfolgt werden. Außer den im vorigen Berichte aufgeführten Elementen von Fayet liegen noch aus der gleichen Zwischenzeit Dezember 31 bis Januar 27 abgeleitete Elementensysteme von Wedemeyer und Aitken vor; es wird ge-

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1906. p. 73.

nügen, zur Vergleichung die aus den drei Systemen sich ergebenden Werte der Umlaufszeit hier anzuführen:

Fayet 7.04, Wedemeyer 7.20, Aitken 7.30 Jahre.

Eine vollständige Diskussion der Erscheinung 1904 bis 1905 wird voraussichtlich die Umlaufszeit in noch beträchtlich engere Grenzen einschließen, so daß man auf eine gute Vorausberechnung der Erscheinung 1912 hoffen kann.

K o m e t 1905 III (1905 a), entdeckt von Giacobini in Nizza 1905 März 26 in A. R. 6^h, Dekl. $+11°$, als ein Nebel 11. bis 12. Größe von 3′ Durchmesser, mit einer 5 bis 6″ großen Verdichtung. Der nahe am Perihel, im Maximum der Helligkeit entdeckte Komet nahm rasch an Lichtstärke ab, konnte aber trotzdem, in günstiger Stellung am Abendhimmel, verhältnismäßig lange, bis Juni 22 (Nizza) verfolgt werden.

Die Bahn des Kometen ist elliptisch; die Elemente, welche Banachiewicz aus drei Normalörtern März 27, April 7 und 27 abgeleitet hat, lauten:

$$\begin{aligned} T &= 1905 \text{ April } 4.0810 \text{ m. Z. Berlin} \\ \omega &= 358° \; 12' \; 17.4'' \\ \Omega &= 157 \;\; 27 \;\; 41.8 \quad \text{m. Äqu. } 1905.0 \\ i &= 40 \;\; 11 \;\; 20.8 \\ \log e &= 9.985644 \\ \log q &= 0.047017 \\ U &= 200.62 \text{ Jahre.} \end{aligned}$$

Auf der gleichen Zwischenzeit, wenn auch auf etwas weniger sichern Grundlagen beruhen die Elemente von Wedemeyer, 168.243, welche U = 279 Jahre ergeben.

K o m e t 1905 IV (1905 b), entdeckt von Schaer in Genf am 17. November in unmittelbarer Nähe des Poles, 5.5^h A. R. und $+86°$ Dekl., als ein heller Nebel 7. Größe mit einem sehr verwaschenen Kern 10. bis 11. Größe. Die ungewöhnlich große tägliche Bewegung von 6.5° in Dekl. deutete auf eine große Annäherung an die Erde hin, was auch später durch die Rechnung bestätigt wurde. Das Minimum der Entfernung von der Erde, 0.24, hat einige Tage später, am 20. November, stattgefunden; die direkt nach Süden gerichtete Bewegung stieg an diesem Tage auf 8.9° täglich. Der weitere Verlauf der Erscheinung hat gezeigt, daß die große Helligkeit des Kometen in den ersten Tagen der Sichtbarkeit — am 20. und 21. November konnte er von Wolf auf dem Königstuhle mit bloßem Auge erkannt werden — im wesentlichen von der großen Erdnähe herrührte. Mit zunehmender Entfernung nahm sie sehr rasch ab; Ende November war der Komet von der 9., Mitte Dezember nur noch von der 12. Größe. Wie weit die Beobachtungen haben fortgesetzt werden können, steht noch nicht fest; nach den bisher publizierten Ortsbestimmungen zu urteilen, scheint es, als ob sie noch vor Jahresschluß mit Northfield Dezember 26 ihr Ende gefunden hätten.

Jedenfalls ist am 14. Januar der Komet im großen Refraktor der Straßburger Sternwarte unsichtbar gewesen.

Dem Auge erschien der Komet auch zur Zeit der größten Helligkeit schweiflos; dagegen war auf einer Königstuhlplatte vom 21. November ein langer, dünner, schwach gebogener Schweif zu erkennen.

Aus drei Beobachtungen, November 18, Dezember 1 und 13 hat Wedemeyer die folgende Parabel abgeleitet:

$$\begin{aligned} T &= 1905 \text{ Okt. } 25.80124 \text{ m. Z. Berlin} \\ \left.\begin{aligned} \omega &= 132^\circ\ 42'\ 41.9'' \\ \Omega &= 222\quad 56\quad 3.1 \\ i &= 140\quad 34\quad 51.6 \end{aligned}\right\} & \text{ m. Äqu. 1905.0} \\ \log q &= 0.022111. \end{aligned}$$

Komet 1906 .... (1905 c), entdeckt 1905 Dezember 6 von Giacobini in Nizza am Morgenhimmel in 14^h, $+21^\circ$. Der Komet war eine runde, kernlose Nebelmasse 10. Größe von 1 bis 2′ Durchmesser. Da er in der nächsten Zeit sich der Sonne und der Erde näherte, nahm er rasch an Helligkeit zu. Ende Dezember war er schon 4. bis 5. Größe mit einem scharf definierten Kerne und einem Schweife von 1° Länge. Leider aber näherte der Komet bei zunehmender Helligkeit sich immer mehr dem Tageslichte, so daß er gegen Mitte Januar nur noch in der Morgendämmerung nahe am Horizonte gesehen werden konnte. Soweit die Beobachtungen publiziert sind, hat Hartwig in Bamberg die letzte Ortsbestimmung am 14. Januar 1906 in $8^1/_2{}^\circ$ Höhe angestellt.

Über die Sichtbarkeit in unsern Breiten nach dem Perihel wird erst der nächste Jahresbericht Aufschluß geben können.

Die folgenden Elemente sind von Wedemeyer aus in drei Normalörter zusammengezogenen Beobachtungen von Dezember 6 bis Januar 1 abgeleitet worden.

$$\begin{aligned} T &= 1906 \text{ Jan. } 22.40219 \text{ m. Z. Berlin} \\ \left.\begin{aligned} \omega &= 199^\circ\ 15'\ 27.7'' \\ \Omega &= 92\quad 4\quad 31.3 \\ i &= 43\quad 39\quad 15.7 \end{aligned}\right\} & \text{ m. Äqu. 1906.0} \\ \log q &= 9.333345. \end{aligned}$$

Auf einer photographischen Aufnahme vom 29. November 1905 auf dem Lowell Observatory, Flagstaff, sind nachträglich am 14., resp. 23. Dezember von Slipher, resp. Lowell zwei Kometenspuren aufgefunden worden, die die Bezeichnung Komet 1905d, resp. 1905e erhalten haben. Alle Nachforschungen nach diesen Kometen sind vergebens gewesen, so daß es zweifelhaft bleiben muß, ob es sich bei diesen Spuren tatsächlich um reelle Kometenobjekte gehandelt hat.

Der erste Tempelsche Komet, der nach der Vorausberechnung von R. Gautier am 20. April 1905 sein Perihel passieren mußte, ist diesmal ebensowenig wie 1885, 1892 und 1898 aufgefunden worden. Seit der großen Jupitersnähe zwischen 1879 und 1885 sind

die Sichtbarkeitsverhältnisse so ungünstige geworden, daß sich die Mühe weiterer Vorausberechnung wohl kaum mehr lohnen wird.

Auch nach dem Wolfschen Kometen ist in der sehr ungünstigen Erscheinung 1905 vergebens gesucht worden.

Der nur in einer Erscheinung beobachtete periodische Komet 1892 V (Barnard) sollte am Schlusse des Jahres 1905 in eine günstige Opposition kommen. Leider haben die von Coniel berechneten Ephemeriden nicht zur Auffindung geführt; die durch mehrere Blätter gehende Notiz, daß der Komet in La Plata gesehen worden sei, beruht auf einem Irrtume.

Die Bahn des Kometen 1826 IV ist von Dr. R. Klug endgültig bestimmt worden.[1])

Von diesem Kometen, der zur Zeit seiner größten Helligkeit eben dem freien Auge sichtbar wurde, lagen bisher nur Bahnberechnungen vor, welche bloß einen Teil des beobachteten Bogens umfassen und nur aus einer geringen Zahl von Beobachtungen abgeleitet sind. Prof. Klug hat nun nicht nur sämtliche Beobachtungen bei seiner Bahnberechnung benutzt und die ältern, so namentlich die wertvolle Reihe der in Kremsmünster erhaltenen, einer Neureduktion unterzogen, sondern auch die Orte sämtlicher Vergleichssterne durch Heranziehen der neuen Kataloge verbessert. Wegen der langen Dauer der Sichtbarkeit, während welcher der Komet sich der Erde bis auf die halbe Entfernung der Erde von der Sonne näherte, sind auch die Störungen, welche er durch die Anziehung von Erde, Jupiter und Saturn erlitten hat, berücksichtigt.

Die Beobachtungen sind in acht Normalorte zusammengefaßt, welche durch Ausgleichung der übrigbleibenden Fehler nach der Methode der kleinsten Quadrate auf die folgende Ellipse führen:

$$
\begin{aligned}
T &= 1826 \text{ Okt. } 9.01327 \text{ m. Z. Berlin} \\
\omega &= 13^\circ\ 46'\ 10.7'' \\
\Omega &= 44\ \ 0\ \ 33.4 \\
\pi &= 57\ \ 46\ \ 44.2 \\
i &= 25\ \ 56\ \ \ 7.1
\end{aligned}
\left.\vphantom{\begin{aligned}\omega\\\Omega\\\pi\\i\end{aligned}}\right\}\text{ m. Äqu. 1826.0}
$$

$$
\begin{aligned}
\log q &= 9.9308871 \\
e &= 0.9974939
\end{aligned}
$$

Die hieraus folgende Umlaufszeit von 6264 Jahren ist natürlich nur Rechnungsresultat.

Eine Bestimmung der Masse des Bielaschen Kometen hat J. v. Hepperger ausgeführt.[2])

Unter der Voraussetzung, daß die Komponenten dieses Kometen einen gemeinsamen Ausgangspunkt besitzen, lassen sich die Normal-

[1]) Anzeiger d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien 1906. p. 376.
[2]) Wiener Akad. Ber. 1906. p. 270.

örter aus dem Jahre 1846 nicht mit befriedigender Genauigkeit darstellen, wenn die Massensumme als verschwindend klein angenommen wird. Hepperger hat deshalb die Summe der Kometenmassen als neue Unbekannte in das Bahnbestimmungsproblem aufgenommen und findet hierfür den Näherungswert 1 : 2 400 000 der Erdmasse. Von einem der beiden Kometen werden hierdurch alle Örter sehr gut dargestellt, von dem andern alle Örter aus dem Jahre 1846, wogegen die zwei Örter aus dem Jahre 1852 Abweichungen zeigen, die nur zum Teile den Beobachtungen zur Last gelegt werden können und es wahrscheinlich machen, daß in dem Zeitraume 1846 bis 1852 ein kleiner Massenverlust eingetreten sei. Wäre die Annahme, daß die Lichtmengen, welche Kometen in gleichen Entfernungen von Sonne und Erde uns zusenden, den Massen der Kometen proportional sind, richtig, so würde die Masse des Kometen I 1770 etwa 400 mal kleiner gewesen sein als die von Laplace angegebene obere Grenze ($^1/_{5000}$ der Erdmasse) und die Masse des Kometen vom Jahre 1729, die als die größte gelten kann, ungefähr gleich sein $^1/_{2400}$ der Erdmasse.

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1892 I auf einem zur Sonne konvexen Bogen findet R. Jaegermann durch seine Messungen der photographischen Aufnahmen dieses Kometen von W. H. Pickering bestätigt.[1]) Diese Messungen beziehen sich zwar nicht auf eine streng begrenzte Verdichtung, sondern geben nur die allgemeine Position einer ganzen Ausströmungswolke. Nichtsdestoweniger sind diese Messungen infolge der langen Sichtbarkeit der Schweifverdichtung von selten großem wissenschaftlichen Werte. Sie ist an den Tagen 1892 April 5, 6, 7, 8, 10 beobachtet worden, wobei Pickering die an den Tagen April 6, 7, 8 gemessenen Objekte ihrer Form und Lage nach als identisch ansieht, während über die Identität der Objekte vom 5. und 10. April mit den vorigen nur auf Grund einer theoretischen Untersuchung geschlossen werden kann.

Jaegermann findet für die Bahnlänge L und die mittlere Orbitalgeschwindigkeit H der Schweifmaterie in den verschiedenen Zeitintervallen:

	Zeitintervall	L	H	δR
April 5— 6	1.03889 Tage	4089800 *km*	45.6 *km-sek.*	17.7 *km-sek.*
6— 7	0.98194 „	4856400 „	57.2 „	39.6 „
7— 8	0.95000 „	5619600 „	68.5 „	55.4 „
8—10	2.05625 „	16929500 „	95.3 „	87.7 „

δR drückt die Bewegung der Schweifmaterie von der Sonne in der Richtung des verlängerten Radiusvektors aus. Mit fast ebensolchen Geschwindigkeiten hat sich die Schweifmaterie vom Kometenkerne entfernt, da letzterer während dieser Zeit gerade durch sein Perihel ging, und die Radienvektoren nur sehr langsam zunahmen.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4081.

Die Länge des von der Schweifmaterie im Laufe von fünf Tagen durchlaufenen zur Sonne konvexen Bogens beträgt 31495300 *km*.

Jaegermann berechnet eine Hyperbel als definitive Bahn der ganzen Ausströmungswolke und eine andere, mit ihr nahe zusammenfallende, als Bahn der speziell an den Tagen April 6 bis 9 gemessenen Objekte. Die der letzten Hyperbel entsprechende genauere und mit einem geringern mittlern Fehler behaftete repulsive Kraft befindet sich innerhalb der engen Grenzen $1 - \mu = 35.7$ und $1 - \mu = 35.9$, also fast $1 - \mu = 36$, welcher Wert schon von Th. Bredichin beim Kometen 1893 II abgeleitet worden ist. Anfangs erschien Bredichin dieser Wert als sehr zweifelhaft, da er auf recht unsichern Beobachtungen basierte, doch dürfte jetzt auf Grund der vorliegenden Untersuchungen über den Kometen 1892 I die Realität dieses Wertes $1 - \mu = 36$ der repulsiven Sonnenkraft allen Zweifeln enthoben sein.

Über die mutmaßliche Zeit der Wiederauffindung des Halleyschen Kometen bei seiner nächsten Erscheinung hat Dr. J. Holetschek Untersuchungen angestellt.[1])

„Da mit Sicherheit darauf gerechnet werden kann, daß der Halleysche Komet in seiner nächsten Erscheinung (1910) schon bei einem viel größern Radiusvektor aufgefunden werden wird als in der letzten (1835), so erscheint es von Wichtigkeit, schon jetzt zu wissen, in welcher Gegend des Himmels der Komet zu erwarten ist, und wann das Suchen nach ihm Aussicht auf Erfolg hat. Der Verfasser hat daher, einem Wunsche des Herrn Direktors Hofrat Weiß entsprechend, einige diesbezügliche Orientierungsrechnungen gemacht und auf Grund derselben eine Untersuchung über die mutmaßliche Zeit des Sichtbarwerdens des Kometen angestellt.

Es wurden zunächst mit den Bahnelementen von Pontécoulant (wie sie in der Connaissance des Temps stehen, also mit T = 1910 Mai 16.45) für die nächsten Jahre mehrere Positionen des Kometen berechnet, und zwar insbesondere für solche Zeitpunkte, in denen der Komet nahezu in Opposition mit der Sonne ist. Es sollen hier einige der letzten derselben angesetzt werden.

M. Z. Paris			α		δ		r	Δ
1908	Dezember	31.5	85°	58′	+12°	14′	6.04	5.10
1909	Oktober	2.5	90	50	+17	41	3.42	3.13
	Dezember	1.5	64	33	+16	29	2.73	1.74
1910	Januar	30.5	23	25	+10	38	1.96	1.96

Um nun Anhaltspunkte zur Beurteilung der mutmaßlichen Helligkeit des Kometen in sehr großen Distanzen zu gewinnen, hat der Verf. den Kometen empirisch mit andern zu vergleichen gesucht, und zwar, abgesehen von solchen, die überhaupt in sehr großen Distanzen beobachtet worden sind (1889 I, 1889 II, 1904 I), insbesondere mit denjenigen Kometen, welche ihm bezüglich der Periheldistanz q und der auf $r = 1$, $\Delta = 1$ reduzierten Helligkeit H_1 recht nahe kommen (1807, 1858 VI, 1874 III, 1881 III). Beachtet man dabei insbesondere den Umstand, daß die reduzierten Helligkeiten H_1 bei keinem Kometen konstant sind, sondern einen Gang zeigen, und zwar in der Weise, daß sie gegen das Perihel ebenso abnehmen, so gelangt man zu der Folgerung, daß die Helligkeit des Halleyschen Kometen in den großen Distanzen, um die es sich hier zunächst handelt, nur eine außerordentlich geringe sein kann.

---

[1]) Anzeiger d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien 1906. Nr. XVIII.

Der Verfasser kommt durch diese Vergleichungen zu folgenden Schlüssen.

In der Opposition 1906 bis 1907 ist ein Suchen nach dem Kometen wegen der außerordentlichen Größe der Distanzen r und $\varDelta$ noch ganz aussichtslos, und auch in der Opposition 1907 bis 1908 ist die Wahrscheinlichkeit seiner Auffindung noch verschwindend klein. Dagegen ist die Auffindung des Kometen in der Opposition 1908 bis 1909 nicht mehr ausgeschlossen und, falls er hier noch nicht gefunden sein sollte, in der zweiten Hälfte des Jahres 1909, spätestens aber gegen das Ende desselben mit Sicherheit zu erwarten.

Im Januar 1910 erreicht der Komet, wenn sein Periheldurchgang wirklich im Mai 1910 stattfindet, dieselbe Helligkeit, welche er bei seiner Auffindung im August 1835 gezeigt hat, und in der zweiten Hälfte des März dürfte er für das bloße Auge sichtbar werden.

Bei den obigen Folgerungen über das erste Sichtbarwerden des Kometen ist zunächst an ein Aufsuchen desselben mit großen Teleskopen gedacht. Es ist jedoch gar nicht unwahrscheinlich, daß der Komet auf photographischem Wege schon früher gefunden wird als mit dem Fernrohre, ähnlich wie der Enckesche Komet bei seiner letzten Erscheinung im Herbste 1904.

Meteoriten.

Das Meteor vom 14. März 1905 ist bezüglich seiner individuellen und kosmischen Verhältnisse von Prof. v. Nießl untersucht worden.[1]) Er fand, daß dasselbe von der größten Mehrzahl der Beobachter erst wahrgenommen wurde, als es bereits in der relativ geringen Höhe von 61 *km* und nur mehr 70 *km* von dem 37.3 *km* hoch gelegenen Auflösungspunkte entfernt sich befand. Damit hängt es, wie er hervorhebt, zusammen, daß das Meteor schon bei der ersten Wahrnehmung fast allgemein sich als völlig entwickelte Feuerkugel, wenn auch nicht von größter Ausdehnung, darbot. Nur in einer einzigen Beobachtung heißt es „als schwache, bläuliche Sternschnuppe beginnend, plötzlich zu großer Lichtfülle anwachsend“; und etwas ähnlich ist die Äußerung in einem Berichte aus Weißkirchen.

„In dem ausgebildeten Zustande wird das Meteor entweder als kugelartig, mit einem gegen das Ende spitzkegelförmig zulaufenden Schweife oder auch in der Zusammenfassung als birnförmig bezeichnet. In zwei Angaben wird es im Umrisse dreieckig genannt. In den Skizzen der Erscheinung ist die charakteristische Form eines länglichen Tropfens vorwaltend, in einigen Fällen wird auch ein vorn sphärisch abgerundeter, rückwärts konisch zugespitzter Zylinder gezeichnet.

In einem Berichte aus Wien (Pulay) wird das Meteor als „große, schöngezackte Sternschnuppe“ bezeichnet, und der Beobachter in Grulich berichtete ebenfalls, daß es schien, „als ob sich sternartige Zacken gebildet hätten“. Eine in Troppau entworfene Skizze stellt die Vorderseite der Feuerkugel wie eine Sternblume mit sechs Zipfeln

---

[1]) Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien **114**. Abteilung IIa.

dar. Ob ungefähr dasselbe gemeint ist, wenn ein Beobachter in Jetsdorf' das Meteor einer Sonnenblume mit weißen Randblüten ähnlich fand, möchte Prof. Nießl nicht behaupten, es muß aber doch durch einzelne Emanationen Anlaß zu solchen Vergleichungen gegeben worden sein.

Die scheinbare Größe der Feuerkugel wurde in Wien mehrfach und sehr verschieden geschätzt. Zunächst bezeichnen einige Angaben diese nur beiläufig und als nicht sehr bedeutend. Zwar „bedeutend größer als eine gewöhnliche Sternschnuppe, aber nicht um beträchtliches.“ Auch gleich oder größer als Venus wird sie angegeben. Es fehlt jedoch auch nicht an brauchbaren Vergleichungen mit dem scheinbaren Durchmesser des Mondes. Die niedrigste Angabe ist ein Zehntel, dann kommt dreimal vor ein Viertel, endlich einmal dem Monde an Größe gleich, was wohl sicher weit überschätzt ist. „Schließt man,“ sagt Prof. Nießl, „letztere aus, so könnte als Mittel der vier andern Schätzungen für den scheinbaren Durchmesser der Feuerkugel in einer Entfernung von etwa 140 *km* 6.7′ in Rechnung gezogen werden, woraus sich also nach diesen Wiener Beobachtungen der wirkliche Durchmesser der leuchtenden Sphäre zu 270 *m* ergeben würde.

Die Angabe 4′ aus Znaim würde bei etwa 98 *km* Distanz für den wahren Durchmesser nur 112 *m* liefern. Für Blauendorf dürfte ungefähr dieselbe Entfernung gelten. Der Durchmesser ergäbe sich für 16′ zu 450 *m*. Eine Schätzung in Tyrnau würde sogar zu 600 *m* führen. „Es sind dies selbstverständlich nur rohe Näherungen, meist bezogen auf die kleinste Entfernung. Wird das Resultat aus den vier Wiener Angaben auch mit vierfachem Gewichte in Rechnung gebracht, so würde der Mittelwert 320 *m* geben. Danach gehörte das Meteor nicht zu den größern Erscheinungen dieser Art.“ Prof. v. Nießl gibt bei dieser Gelegenheit die nachstehende im aufsteigenden Sinne geordnete Zusammenstellung der Durchmesser von 19 im Verlaufe vieler Jahre von ihm besprochenen Feuerkugeln, die in relativer Beziehung nicht ohne Interesse sein dürfte.

Datum	Durchmesser der Feuerkugel in Metern
7. Juli 1892	116
27. Februar 1901	260
22. Oktober 1896	300
23. Oktober 1889	310
18. Oktober 1892	314
14. März 1905	320
* 2. April 1891	350
*16. Januar 1895 (I.)	370
22. April 1888	453
*17. Januar 1890	490
*16. Januar 1895 (II.)	500
*19. Februar 1899	800
11. März 1900	840
*25. Januar 1895	850

Datum	Durchmesser der Feuerkugel in Metern
*16. Januar 1895 (III)	900
*23. Oktober 1887	1000
20. November 1898	1100
* 3. Oktober 1901	1250
2. November 1903	1880

Bei den mit * bezeichneten Fällen wurden Detonationen nachgewiesen.

Das Meteor vom 7. Juli 1892 bewegte sich in den höchsten Regionen der Atmosphäre. Das Perigäum war noch 68 *km* über der Erdoberfläche, und von da an war die weitere Bahn aufsteigend.[1])

Die Länge des kosmischen Schweifes, welchen die Feuerkugel vom 14. März 1905 bis zum Endpunkte nachzog, wurde in den Angaben aus Wien einmal vom zweifachen Durchmesser der Kugel, zweimal dem zwei- bis dreifachen Durchmesser derselben und einmal dem Durchmesser des Mondes gleich geschätzt, daher im Mittel rund 20′, welches einer Länge von 800 bis 1000 *m* entsprechen würde. In Znaim wurde die Länge jedoch dem zwei- bis dreifachen Monddurchmesser gleich erachtet, was, ungeachtet der größern Nähe, mehr als 2000 *m* Länge geben würde. Eine Angabe aus Bernhardthal (zehnfache Länge des Kugeldurchmessers), welche jedoch nach zahlreichen andern Skizzen wohl zu hoch gegriffen ist, würde ungefähr auf 3000 *m* führen. Hiernach würde nach Prof. v. Nießl eine Länge von etwa 1500 *m* im Mittel ungefähr die Achse des Schweifes bezeichnen.

Außerdem wird in vielen Beobachtungen ein feiner, heller Lichtstreifen erwähnt, welcher fast längs der ganzen Bahn, jedoch nur „für einen Augenblick“ oder doch für sehr kurze Zeit am Himmel zurückgeblieben war.

Hinsichtlich der Lichtstärke wurde in mehrern Beobachtungen erwähnt, daß sie „momentan blendend“, grell, intensiv war, allein doch nirgends, auch nicht aus den nächsten Beobachtungsorten berichtet, daß die Umgebung taghell erleuchtet wurde, welcher Ausdruck sonst in Berichten über größere Erscheinungen dieser Art nicht selten vorkommt.

Das Licht der Feuerkugel wurde relativ am meisten als reinweiß oder mit der Nuance bläulichweiß oder grünlichweiß (21 mal unter 50 Angaben) bezeichnet, dann als blau oder grün mit den Übergängen (zwölfmal), ferner zehnmal als gelb, dreimal als goldig und nur viermal in roten Nuancen, wahrscheinlich gegen Ende der Bewegung.

Die Farbe des Schweifes wird fast allgemein als rot bezeichnet, entsprechend einem niedrigern Wärmegrade. Die Partikel, welche ihre Geschwindigkeit größtenteils oder ganz verloren hatten, sind dann in Streifen zurückgeblieben und haben alsbald zu leuchten auf-

[1]) Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien **102**. Abteilung IIa.

gehört. Einige noch später erhitzte Teilchen erschienen als Funken längs der Bahn.

Von einer Teilung, sowie von der schließlichen sprungweisen Lichtentwicklung, welche gewöhnlich als „Explosion“ bezeichnet wird, ist nur in zwei Berichten die Rede. Es heißt nämlich in einer Mitteilung aus Hütteldorf, „daß drei hellstrahlende Sterne auf den Satzberg niederfielen“, was mit Rücksicht auf die vielen andern Beobachtungen so auffallend erscheint, daß Prof v. Nießl fast an der Identität zweifeln möchte, wenn nicht Zeit und Richtung mit den tatsächlichen Verhältnissen so gut übereinstimmen würden. Sonst kommt nur in einer Nachricht aus Wien die Wendung vor: „und zerstob, als es verschwand, in mehrere Teile“. Dagegen heißt es in vielen andern Berichten, daß die Feuerkugel ohne Explosion oder Teilung plötzlich verschwunden ist. Ein Beobachter in Grulich, dem der Endpunkt am nächsten lag, fand, daß sie wie eine Seifenblase zu platzen schien.

Über Detonationen wird nichts berichtet. Auch diesmal trat die Suggestion ein, daß Beobachter vermeinten, durch ein Geräusch erst auf die Lichterscheinung aufmerksam gemacht worden zu sein, das selbstverständlich mit dem Meteore nicht im entferntesten zusammenhängen konnte.

„Auffallend ist,“ bemerkt Prof. v. Nießl, „daß über dieses Meteor, welches sich fast im ganzen sichtbar gewordenen Teile seiner Bahn über mährischem Gebiete befand, gerade von da so wenig Beobachtungen zu erlangen waren. Abgesehen davon, daß vielfach, zumal im mittlern Mähren, der Himmel ziemlich stark bewölkt war, dürften diese Lücken auch dadurch ihre Erklärung finden, daß hier die scheinbare Bahn überall sehr hoch am Himmel verlief. In Brünn z. B. lag der aus den übrigen Beobachtungsorten nachgewiesene Bahnteil überall höher als 44°, wohin der Blick unter gewöhnlichen Umständen selten gerichtet ist. Da überdies die Lichtintensität nicht sehr groß war, konnte die Erscheinung im Zusammenhange mit der teilweisen Bewölkung auch für blitzartig gehalten worden sein.

Der Willamette-Meteorit. Dieser Meteorit wurde schon Ende 1902 von E. Hughes gefunden, und zwar am Rande von Clackamas County, Oregon; er ist aber erst später bekannt geworden. Der Willamette-Meteorit hat ein Gewicht von 13.5 tons (nach anderer Schätzung von 18.2 tons). Whitefield fand 91.46% Eisen, 8.30% Nickel; Dawson: 91.65% Eisen, 7.88% Nickel, 0.21% Kobalt, 0.09% Phosphor. Die Dichte ist 7.7. Die Länge der Maße ist 3 *m*, die Breite 2.15 *m*, die Höhe 1.25 *m*. Merkwürdig ist, daß durch die ganze Masse neun Löcher von oben nach unten gehen. Die Bildung der Löcher und die Entstehung der eigenartigen Oberfläche wird einem Abschmelzen durch die Reibung in der Luft beim Falle zugeschrieben. Die Widmannstättenschen Figuren ließen sich nachweisen. Auch

Stücke der oxydierten Schale wurden gefunden. (Eng. and Min. Journ. 1905, 80, 873).[1])

Meteoritenfall in Scott County (Kansas). Derselbe ereignete sich am 2. September 1905 unter den gewöhnlichen optischen und akustischen Explosionserscheinungen. Nach einer Notiz von George P. Merrille, der seine Information Herrn J. K. Freed aus Scott, City, Kansas, verdankt, sind bisher 14 Bruchstücke des Steines gesammelt, von denen das größte im Gewichte von 4.61 *kg* sich im Nationalmuseum befindet. Eine Bruchfläche zeigt, daß der Stein undeutlich chondritisch ist, von sehr hellgrauer Farbe, und unter dem Mikroskop sich im wesentlichen aus Olivin und Enstatit bestehend erweist, mit einer sehr geringen Menge von Plagioklasfeldspat. Er gehört offenbar zu Brezinas Gruppe geaderter Chondrite und wird unter dem Namen des Scott County-Meteoriten bezeichnet werden. Dieser Meteoritenfall ist der zwölfte der aus Kansas gemeldeten.[2])

Fixsterne.

Die absolute Lichtstärke der Fixsterne. Dieses Problem bietet sehr große Schwierigkeiten, denn es handelt sich bei der Lösung desselben um die Kenntnis der wirklichen Entfernungen der Fixsterne und außerdem um photometrische Bestimmungen der scheinbaren Helligkeiten derselben gegeneinander und im Verhältnis zur Sonne. Eine von Autoritäten wie Hill, Kapteyn und Newcomb unter verschiedenen Formen vertretene Ansicht läuft darauf hinaus, daß es wahrscheinlich Fixsterne gibt, welche unsere Sonne an absoluter Leuchtkraft um das Zehntausendfache übertreffen, und der Stern Canopus ist als Beispiel solcher überaus lichtstarken Sterne aufgestellt worden. Georg C. Comstock hat nun kürzlich eine Untersuchung veröffentlicht,[3]) in der er die Gründe für diese Annahme kritisch beleuchtet.

In bezug auf Canopus liegt die Sache im wesentlichen wie folgt. Die von Hill für diese Sterne gefundene Parallaxe ist 0.010″ während die Parallaxe von α Centauri gleich 0.762″ gemessen worden ist. Anderseits ergaben die photometrischen Bestimmungen, daß Canopus uns 3.5 mal soviel Helligkeit zeigt als α Centauri. Bei gleicher Entfernung von uns würde demnach Canopus den Stern α Centauri

[1]) Chemikerzeitung Repertorium p. 399.
[2]) Science 1906. N. S. XXIII. p. 391.
[3]) Astrophysical Journal XIII. 9. April 1906. p. 248.

3.5 mal an absoluter Leuchtkraft übertreffen. Da er aber weiter als dieser von uns entfernt steht, und die Lichtstärke mit dem Quadrate der Entfernung variiert, so ist die wirkliche Leuchtkraft des Canopus $3.5 \cdot \left(\frac{0.762}{0.010}\right)^2$ oder ungefähr 20 000 mal größer als die Leuchtkraft von *α* im Centauren. Letzterer Stern hat eine nahezu gleich große Masse und das gleiche Spektrum wie unsere Sonne und sendet daher wahrscheinlich die gleiche Menge Licht aus wie diese. Sonach würde sich ergeben, daß Canopus etwa 20 000 mal unsere Sonne an absoluter Leuchtkraft übertrifft. Auf ähnliche Weise hat Comstock für eine Anzahl der hellsten Sterne deren absolute Leuchtkraft berechnet und gibt darüber eine Tabelle, die ihrem hauptsächlichsten Inhalte nach in folgendem wiedergegeben ist.

Stern	Parallaxe	Leuchtkraft i. Vergleich zur Sonne
α Eridani	0.050″	355
α Persei	0.076	43
α Tauri	0.117	34
Capella	0.088	151
Rigel	0.008	13800
β Tauri	0.067	60
α Orionis	0.031	490
Canopus	0.008	54950
Sirius	0.376	33
Castor	0.028	288
Procyon	0.342	6
Pollux	0.064	87
Regulus	0.032	263
α Ursae Majoris	0.058	66
α Crucis	0.057	173
β Crucis	0.004	30
ε Ursae Majoris	0.088	22400
β Centauri	0.054	160
Arcturus	0.033	996
α^2 Centauri	0.758	2
Antares	0.030	525
Wega	0.090	120
Altair	0.240	1
α Gruis	0.023	456
α Piscis Austrinus	0.137	21

Im Durchschnitte ergibt sich, daß diese Sterne erheblich stärkere Leuchtkraft als unsere Sonne besitzen, im Mittelwerte sogar 3800 mal diese übertreffen. Aber ist dieses Ergebnis wirklich ein Ausdruck der Tatsachen? Zwei Umstände, bemerkt Comstock, sind geeignet, dieses Resultat mit Mißtrauen ansehen zu lassen.

Zunächst erscheinen unter 25 Sternen nicht weniger als 22, deren berechnete Leuchtkraft unter dem Durchschnittswerte liegt. Eine

solche Verteilung ist an und für sich nicht wahrscheinlich. Dann wird der Mittelwert viel zu groß infolge der drei abnormen Fälle (Rigel, Canopus und ε Ursae majoris), und diese sind an und für sich unwahrscheinlich. Die scheinbaren Helligkeiten dieser drei Sterne sind photometrisch mit genügender Genauigkeit festgestellt, das fehlerhafte Resultat bezüglich der absoluten Leuchtkraft kann also hauptsächlich nur in der fehlerhaften Annahme für die Parallaxe dieser Sterne liegen. Comstock untersucht, wie groß die Fehler in der Annahme für die Parallaxe mehrerer dieser Sterne sein müssen, unter Voraussetzung, daß die absolute Leuchtkraft derselben 1000 mal größer als die der Sonne ist, und findet für Rigel 0.022″, für Canopus 0.052″, für den Stern β Crucis 0.015″. „Die Annahme," sagt er weiter, „daß Fehler von dieser Größe in den Angaben für die Parallaxe nicht zulässig sind, führt zu dem Schlusse, daß im Weltraume Fixsterne existieren, deren absolute Leuchtkraft diejenige der Sonne 1000 fach übertrifft. Dies leugnet aber Comstock durchaus und, wie es uns scheint, mit Recht. Ebenso unglaublich scheint ihm die Schlußfolgerung, welche Prof. Kapteyn aus seiner Untersuchung über die Lichtstärke der Fixsterne gezogen hat, nämlich daß in dem Raume, welcher zwei Millionen Sterne von der gleichen Lichtstärke wie unsere Sonne enthält, ein Stern mit 100 000 mal größerer, 1800 mit 1000 mal größerer und zwölf Millionen Sterne mit geringerer Leuchtkraft als die Sonne enthalten sind. Er glaubt vielmehr, daß das Maximum der Leuchtkraft irgend eines Sternes im Vergleiche zur Sonne als Einheit, keinesfalls eine Ziffer mit mehr als drei Stellen erfordert.

Auch darin kann man ihm wohl nur beistimmen, ja vielleicht noch eine Stelle fortstreichen. Es ergibt sich nämlich, daß bei den Sternen mit großen und daher einigermaßen sicher ermittelten Parallaxen, die im obigen Verzeichnisse vorkommen (Sirius, Procyon, α^2 Centauri, Altair, α Piscis Austrinus), die Leuchtkraft durchschnittlich nur 12- bis 13 mal größer ist als bei der Sonne, und diese Bestimmungen haben ungleich mehr Gewicht als die Berechnungen, welche sich auf die angebliche Parallaxe von 0.008″ gründen.

Benennung von neu entdeckten veränderlichen Sternen. Als Fortsetzung der frühern Verzeichnisse[1]) gibt die von der astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission zur Herstellung eines Normalkatalogs der veränderlichen Sterne eine dritte Zusammenstellung von neu entdeckten Veränderlichen, die sie zur endgültigen Benennung für reif erklärt hat.[2]) Dieselbe folgt hier. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die angegebene Helligkeit für das Auge gilt, ph, daß es sich um photographische Größenklassen handelt.

---

[1]) Siehe dieses Jahrbuch 1904. **15**. p. 67; 1905. **16**. p. 95.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4127.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0 R. A.	Position 1900.0 Dekl.	Präzession 1900 R. A.	Präzession 1900 Dekl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′	m	m	
1	32.1906	RV Cephei	0 7 45	+73 18.0	+3.22	+0.33	10.9	13	ph
2	31.1906	RU Cephei	1 8 8	+84 36.3	+7.22	+0.32	9.3	10.5	ph
3	77.1906	RZ Cassiopejae	2 39 54	+69 12.8	+5.34	+0.26	6.4	7.8	v
4	6.1904	RX Cassiopejae	2 58 49	+67 11.4	+5.31	+0.24	8.6	9.1	v
5	35.1906	RX Persei	3 44 51	+32 43.2	+3.79	+0.19	10.8	<12.5	ph
6	29.1906	RW Persei	4 13 20	+42 4.3	+4.15	+0.15	8.8	11.0	v
7	279.1904	RX Tauri	4 22.8	+ 8 9	+3.25	+0.12	9	<12	ph
8	33.1906	RX Aurigae	4 54 28	+39 48.7	+4.14	+0.09	7.2	8.1	v
9	27.1906	RW Aurigae	5 1 20	+30 16.4	+3.83	+0.08	10.0	12.2	ph
10	30.1906	RW Geminorum	5 55 24	+23 8.2	+3.64	+0.01	9.6	11.0	v
11	34.1906	RT Camelopardalis	6 25 31	+64 8.8	+5.81	—0.04	9.5	<12.5	ph
12	21.1904	RV Aurigae	6 27 36	+42 34.8	+4.29	—0.04	8.8	10	ph
13	1.1906	T Lyncis	8 16 22	+33 50.3	+3.81	—0.19	9.5	11	v
14	23.1904	RS Velorum	9 20 20	—48 26.4	+2.11	—0.26	?	?	ph
15	73.1906	SS Carinae	10 54 11	—61 22.9	+2.38	—0.32	12.2	12.8	ph
16	26.1904	V Crucis	12 50.7	—57 21	+3.53	—0.33	?	?	ph
17	44.1906	X Coronae	15 45.2	+36 35	+2.25	—0.19	8.3	11.5	ph
18	78.1906	SX Sagittarii	18 39 40	—30 35.8	+3.85	+0.06	8.6	9.4	ph
19	46.1906	W Sagittae	19 15 4	+17 1.2	+2.68	+0.11	8.7	<11.5	ph
20	76.1905	XZ Cygni	19 30 25	+56 10.4	+1.23	+0.13	8.7	9.3	v
21	68.1903	SV Aquilae	19 34 20	+11 43.1	+2.82	+0.13	11	14	ph
22	72.1905	XY Cygni	19 45 13	+41 24	+2.02	+0.15	10	<15	ph
23	79.1903	SW Aquilae	19 46 0	+12 34.0	+2.81	+0.15	11.5	14	ph
24	80.1903	SX Aquilae	19 46 15	+12 58.0	+2.80	+0.15	11	14.5	ph
25	14.1904	XX Cygni	20 1 18	+58 40.3	+1.18	+0.17	10.5	11.5	v
26	48.1906	SY Aquilae	20 2 24	+12 39.8	+2.81	+0.17	9.5	<11	ph
27	79.1906	RR Delphini	20 38 52	+13 55.1	+2.82	+0.21	9.5	<10.5	v
28	108.1905	RV Capricorni	20 55 55	—15 37.1	+3.34	+0.23	9.2	10.1	ph
29	94.1901	YY Cygni	21 18 39	+41 58.1	+2.29	+0.25	8.8	9.5	v
30	166.1904	RZ Andromedae	23 5 3	+52 30.8	+2.66	+0.32	8.8	9.5	v
31	167.1904	SS Andromedae	23 7 1	+52 21.1	+2.67	+0.32	8.9	9.6	v
32	28.1906	RY Cassiopejae	23 47 10	+58 11.2	+2.95	+0.33	9.2	10.1(?)	v

Neue Veränderliche auf den Photographien der Harvardsternwarte entdeckt. Miss Henrietta S. Leavitt hat auf den mit dem Bruceteleskop aufgenommenen Photographien eine Anzahl veränderlicher Sterne entdeckt, deren Örter, Helligkeiten und Lichtveränderungen (R) wie folgt angegeben werden.[1])

Konstellation	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	R.
	h m s	° ′			
Orion.	5 33 26	— 2 49.5	15.6	<16.4	0.8
Orion.	5 33 58	— 2 51.2	14.1	<16.4	2.3
Orion.	5 34 25	— 2 43.6	15.0	16.3	1.3
Orion.	5 34 38	— 2 24.1	14.5	16.0	1.5
Orion.	5 34 38	— 2 34.6	15.0	15.5	0.5
Orion.	5 34 40	— 2 46.2	14.4	16.0	1.6
Virgo.	13 50 20	—10 43.8	14.0	15.0	1.0
Virgo.	13 51 32	—12 4.3	13.0	14.0	1.0
Virgo.	13 58 49	— 9 31.2	13.0	14.0	1.0
Cygnus	20 40 29	+31 58.0	14.1	14.7	0.6
Cygnus	20 42 27	+30 36.2	14.2	15.0	0.8
Cygnus	20 42 42	+31 23.9	13.6	14.3	0.7
Cygnus	20 43 8	+30 50.4	12.6	14.1	1.5
Cygnus	20 43 30	+31 21.8	13.8	14.9	1.1
Cygnus	20 44 0	+32 42.5	14.0	14.9	0.9
Cygnus	20 44 56	+31 28.8	10.5	12.5	2.0
Cygnus	20 47 21	+33 25.9	12.0	<15.5	3.5
Cygnus	20 47 41	+31 46.2	12.9	16.0	3.1
Cygnus	20 50 18	+30 14.0	11.5	13.7	2.2
Cygnus	20 52 5	+33 19.1	13.4	15.3	1.9
Cygnus	20 52 6	+32 23.2	14.1	<16.5	2.4
Cygnus	20 52 59	+30 56.8	12.5	15.5	3.0
Cygnus	20 53 8	+32 49.6	13.0	15.2	2.2
Cygnus	20 59 17	+32 40.0	12.5	13.7	1.2
Cygnus	21 45 8	+29 40.0	13.0	14.4	1.4

Dieselbe hat ferner in Carina auf die gleiche Weise[2]) folgende Veränderliche entdeckt:

R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	R.
h m s	° ′			
10 17 18	—61 14.5	12.8	15.5	2.7
10 18 26	—60 38.6	13.5	14.5	1.0
10 24 38	—58 50.3	8.8	9.6	0.8
10 30 49	—57 30.2	13.5	14.0	0.5
10 31 17	—60 11.5	13.6	16.0	2.4
10 31 38	—58 35.1	12.0	13.3	1.3
10 32 38	—60 29.5	8.6	9.8	1.2
10 32 49	—61 40.4	12.7	13.3	0.6
10 33 44	—58 29.3	12.8	13.6	0.8
10 35 1	—60 18.6	11.9	14.2	2.3
10 40 36	—57 2.6	8.0	8.9	0.9

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 107.
[2]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 115.

R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	R.
h m s	° ′			
10 40 58	—57 46.3	13.0	13.9	0.9
10 44 31	—60 7.7	12.5	13.1	0.6
10 44 54	—59 31.9	13.0	13.9	0.9
10 47 37	—58 51.3	9.2	10.0	0.8
10 48 38	—59 59.7	10.6	11.4	0.8
10 49 2	—60 8.1	13.6	14.3	0.7
10 51 0	—58 31.3	11.7	13.7	2.0
10 54 11	—61 22.9	12.2	12.8	0.6
10 54 51	—58 32.8	10.7	13.0	2.3
10 56 20	—57 50.7	13.8	14.5	0.7
10 56 44	—58 15.5	14.0	15.0	1.0

Die Untersuchung der Photographien des H. Draper Memorial durch Madame Fleming vom Harvardobservatorium hat zur Auffindung von 17 neuen Veränderlichen und Sternen mit eigentümlichen Spektren geführt.[1]) Dieselben sind in folgendem Verzeichnisse aufgeführt.

Konstellation	R. A. 1900	Dekl. 1900	Größe	Spektrum	Beschreibung
	h m	° ′			
Cassiopeia .	1 32.4	+57 39	—	Pec.	Typus V. Helle Linien
Horologium	2 45.1	—59 28	—	Mc 5 d	Variabel. H 1201
Orion	5 19.6	+ 1 45	5.0	B Pec.	Hβ hell
Auriga . . .	5 48.9	+46 6	—	Pec.	Gasnebel Helle Linien
Gemini . . .	7 23.3	+21 7	—	Pec.	Typus IV
Sextans . . .	10 29.9	+ 0 11	—	—	Variabel. H 1202
Crater . . .	11 47.6	— 7 3	—	Mc 5 d	Variabel. H 1203
Corona . . .	15 45.2	+36 35	—	Md	Variabel. H 1204
Draco	17 55.6	+54 41	—	Md	Variabel. H 1205
Sagitta . . .	19 15.0	+17 2	—	Md?	Variabel. H 1206
Sagitta . . .	19 15.4	+17 5	—	—	Variabel. H 1207
Cygnus . . .	19 23.3	+47 9	—	Pec.	Typus V. Helle Linien
Aquila . . .	20 2.3	+12 39	—	Md	Variabel. H 1208
Cygnus . . .	20 5.8	+36 33	5.5	B Pec.	Hβ hell
Cygnus . . .	20 14.7	+34 3	—	Md	Variabel. H 1209
Cygnus . . .	20 24.7	+38 17	—	Pec.	Typus V. Helle Linien
Pegasus . . .	22 1.5	+33 1	—	—	Variabel. H 1210
Pegasus . . .	22 1.5	+33 1	—	Md	Variabel. H 1211
Pegasus . . .	22 16.6	+11 42	5.5	B Pec.	Hβ hell
Lacerta . . .	22 41.8	+54 33	—	Na	Typus IV
Lacerta . . .	22 51.9	+53 41	9.1	Na	Typus IV
Cassiopeia .	23 10.8	+59 55	9.0	Pec.	Typus V. Helle Linien
Andromeda.	23 33.8	+35 13	—	Na	Typus IV. Variabel H 1212
Andromeda.	23 59.5	+43 0	—	Na	Variabel. H 1213.

Fünf Platten, die mit dem 24-zolligen Bruceteleskope und Exponierungen von ein bis vier Stunden erhalten wurden, und deren Zentrum am Himmel bei A. R. 3^h 40, D. + 23.5° liegt, lieferten nach der Untersuchung von ca. 150 000 Sternen (auf einer Fläche von fünf Quadratgrad) durch Miss Leavitt nur einen veränderlichen Stern. Die Plejaden befinden sich nahe dem Mittelpunkte der Platte.

[1]) Harvard College Observatory Circular Nr. 111.

Dieser eine Veränderliche steht sehr im Gegensatze zu der großen Menge von Veränderlichen, die unter ähnlichen Verhältnissen in andern Teilen des Himmels entdeckt wurden. Eine Platte, in deren Mitte der Orionnebel steht, und die im vergangenen Winter (1905 bis 1906) mit 74 Min. Expositionsdauer aufgenommen wurde, lieferte beim Vergleiche mit einer frühern Platte zwei neue Veränderliche, während 17 andere, die bereits bekannt waren, ebenfalls wieder aufgefunden wurden. Die Gegend um das südliche Kreuz und den Kohlensack wurde auf 13 Platten untersucht mit dem Ergebnisse von 28 neuen Veränderlichen.[1]) Die folgende Tabelle enthält die Harvardnummer, die Konstellation, Rektaszension und Deklination, sowie die Maximalhelligkeit und die Größe der Lichtschwankung der neu entdeckten Veränderlichen.

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. 1900	Dekl. 1900	Maximal-helligkeit	Hellig-keits-schwan-kung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
1237	Taurus . . .	3 47 2	+25 14.9	12.0	3.0
1238	Orion . . .	5 26 4	— 3 28.0	12.5	0.9
1239	Orion . . .	5 30 44	— 4 49.8	14.0	0.6
1240	Crux	11 57 50	—63 10.2	10.8	5.2
1241	Crux	12 5 57	—63 52.7	10.8	2.7
1242	Crux	12 12 18	—61 12.3	13.1	1.1
1243	Crux	12 18 00	—60 2.7	12.5	1.5
1244	Crux	12 20 24	—60 57.2	13.4	3.0
1245	Crux	12 29 8	—64 0.8	12.8	1.7
1246	Crux	12 32 46	—63 48.1	14.2	2.8
1247	Crux	12 34 17	—60 52.2	15.0	1.0
1248	Musca . . .	12 35 19	—64 10.2	14.2	>2.8
1249	Crux	12 40 19	—61 17.2	11.4	0.8
1250	Crux	12 43 36	—61 13.5	15.0	1.0
1251	Musca . . .	12 45 26	—64 55.5	14.0	2.4
1252	Crux	12 48 22	—63 23.4	12.7	1.1
1253	Crux	12 51 15	—62 56.5	14.0	1.3
1254	Centaurus . .	12 52 6	—62 25.6	10.2	0.7
1255	Musca . . .	12 55 37	—64 5.4	8.5	0.4
1256	Musca . . .	12 56 39	—64 42.6	13.2	2.5
1257	Centaurus . .	12 57 13	—63 7.5	14.0	3.1
1258	Musca . . .	12 57 23	—64 15.1	13.4	1.2
1259	Centaurus . .	12 57 58	—60 14.0	11.5	1.5
1260	Musca . . .	12 59 21	—64 58.6	10.5	1.6
1261	Musca . . .	12 59 23	—64 45.6	14.7	>2.3
1262	Centaurus . .	13 6 26	—62 52.0	11.5	1.0
1263	Centaurus . .	13 7 9	—63 37.1	8.8	1.6
1264	Centaurus . .	13 9 47	—62 30.7	12.3	1.2
1265	Centaurus . .	13 13 2	—62 24.1	12.9	1.3
1266	Centaurus . .	13 15 39	—60 47.1	10.4	4.0
1267	Musca . . .	13 18 16	—64 8.4	10.5	>3.5

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 120.

Der Veränderliche 1263 gehört dem Algoltypus an, und seine Periode beträgt 2.478 71 Tage. Der Veränderliche 1255 ist ein solcher von kurzer Periode(0.937 96Tag) gehört jedoch nicht zum Algoltypus.

Endlich hat Miss Leavitt durch Untersuchung von Platten, die 1905 aufgenommen worden sind, noch 36 neue Veränderliche auf einer Fläche des Himmels von etwa 30 Quadratgrad, deren Mitte bei A. R. = 12^h, D. = — 60° liegt, entdeckt.[1]) Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Konstellation	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Schwankung
	h m s	° ′			
Carina	9 26 29	—73 6.3	9.0	<10.0	1.0
Carina	10 12 30	—59 42.9	9.2	10.3	1.1
Carina	10 16 56	—59 57.0	9.8	10.5	0.7
Carina	10 23 14	—59 9.7	9.4	10.3	0.9
Carina	10 25 26	—57 6.2	8.0	9.0	1.0
Carina	10 28 30	—61 16.1	8.8	9.8	1.0
Vela	10 40 54	—55 45.8	8.4	9.4	1.0
Carina	10 50 12	—61 30.5	9.0	9.7	0.7
Carina	10 53 22	—64 35.9	9.0	10.0	1.0
Carina	10 58 19	—63 43.4	9.3	10.0	0.7
Carina	11 0 7	—60 26.3	8.8	9.6	0.8
Carina	11 5 23	—58 17.8	7.	8.	1.
Centaurus	11 5 29	—51 56.9	9.8	10.7	0.9
Centaurus	11 6 34	—47 18.0	8.7	9.6	0.9
Centaurus	11 26 31	—50 53.2	9.2	10.2	1.0
Centaurus	11 34 57	—47 24.5	9.1	10.0	0.9
Centaurus	11 36 10	—57 6.3	9.8	13.0	3.2
Centaurus	11 36 14	—62 8.4	8.7	9.5	0.8
Musca	11 39 49	—66 45.0	8.7	9.7	1.0
Centaurus	11 41 42	—61 20.2	10.6	<11.4	0.8
Centaurus	11 43 5	—60 0.5	8.8	9.8	1.0
Musca	11 47 24	—64 50.8	9.4	10.3	0.9
Centaurus	11 49 8	—53 36.7	9.8	10.5	0.7
Crux	12 6 42	—58 13.6	8.7	9.3	0.6
Centaurus	12 7 51	—49 39.0	9.1	10.0	0.9
Centaurus	12 12 30	—49 10.8	8.8	11.4	2.6
Centaurus , . . .	12 15 52	—48 39.3	8.3	10.2	1.9
Crux	12 35 41	—59 14.7	8.5	9.4	0.9
Centaurus	12 37 37	—53 58.8	9.4	<11.0	1.6
Crux	12 40 32	—58 34.6	8.5	9.0	0.5
Centaurus	13 3 10	—59 42.9	9.4	10.5	1.1
Centaurus	13 27 6	—63 32.4	9.5	10.5	1.0
Centaurus	13 33 45	—57 6.4	7.6	8.7	1.1
Centaurus	13 35 3	—61 15.8	9.8	10.8	1.0
Centaurus	13 43 50	—58 0.3	8.0	8.9	0.9
Centaurus	13 44 21	—59 54.7	9.7	10.7	1.0

Von diesen Veränderlichen gehören sechs zum Algoltypus, doch sind noch fernere Aufnahmen erforderlich, um den Lichtwechsel derselben genau zu bestimmen.

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 122.

Photographisch-photometrische Untersuchungen über den Lichtwechsel veränderlicher Sterne. Die Untersuchungen, welche vor einigen Jahren Prof. Schwarzschild über den veränderlichen Stern η im Adler angestellt hat, führten zu dem Ergebnisse, daß die Schwankung der photographischen (aktinischen) Strahlung dieses Sternes erheblich größer ist als die optischen Helligkeitsschwankungen.[1]) Der Stern schwankt nach der photographischen Lichtkurve um 1.29 Größenklasse, gemäß der optischen nur um 0.67 Größenklasse. Später hat Dr. Wirtz gezeigt, daß bei dem Veränderlichen δ im Cepheus die photographische Lichtschwankung die optische ebenfalls bedeutend übertrifft,[2]) und ähnliches fand er auch für den Veränderlichen ζ in den Zwillingen. Diese drei Sterne sind spektroskopische Doppelsterne. Die photographischen Aufnahmen zur Bestimmung der Helligkeit geschahen so, daß der Stern etwas außerhalb des Brennpunktes des photographischen Fernrohres aufgenommen wurde, wodurch die Ausmessung der (vergrößerten) Sternscheibchen sicherer wird. Dr. Wirtz hat die von Prof. Schwarzschild zuerst eingeführte Messungsmethode der photographischen Helligkeiten der Sterne vervollkommt, doch blieb noch vieles zu wünschen übrig. Seitdem hat Dr. A. Wilkens, auf dem von Dr. Wirtz gezeigten Wege fortschreitend, dessen Messungsmethode verbessert und mit dem Astrographen der v. Kuffnerschen Sternwarte Versuche zu möglichst genauer, absoluter Bestimmung der photographischen Sterngrößen und des Verhältnisses der photographischen zur optischen Größe der Lichtschwankung einiger Veränderlichen angestellt. Aus seiner bezüglichen Darlegung[3]) möge über den letzten Teil der Untersuchung das Wichtigere hier Platz finden.

Es lag nahe, bemerkt Dr. Wilkens, die Untersuchung zunächst auf solche Variable auszudehnen, die demselben Typus wie η Aquilae angehören. Die charakteristischen Eigenschaften dieses Typus mit η Aquilae als Hauptrepräsentanten bestehen bekanntlich darin, daß der Lichtwechsel erstens kurzperiodisch, zweitens unsymmetrisch ist, indem die Zeitintervalle für die Helligkeitszu- und -abnahme verschieden sind, und daß der Lichtwechsel drittens auf dem Wege vom Hauptmaximum zum Hauptminimum eine Reihe sekundärer Schwankungen aufweist, die in der Lichtkurve in sekundären Maxima und Minima zum Ausdrucke kommen. Sechs mit diesen Eigenschaften behaftete Variable sind in die vorliegenden Untersuchungen aufgenommen worden.

Es sind folgende:

1. S U C y g n i. Aus den Untersuchungen des Lichtwechsels dieses kurzperiodischen Veränderlichen durch die Entdecker, Müller

---

[1]) Sirius 1900. p. 74—77.
[2]) Sirius 1901. p. 128—131.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 2124.

und Kempf, geht hervor, daß das Anwachsen der Helligkeit außerordentlich viel schneller als die Abnahme erfolgt. Die Zeit des Anstiegs vom Hauptminimum bis zum Hauptmaximum, beträgt nur 0.9 Tage, die des Abstiegs dagegen 2.9 Tage. Ferner ist $1^3/_4$ Tage nach dem Maximum ein Stillstand in der Lichtabnahme angedeutet, was in der Lichtkurve zu einem Buckel Anlaß gibt, so daß für SU Cygni die charakteristischen Merkmale des η Aquilaetypus vorliegen.

Die photographischen Aufnahmen fanden statt in der Zeit vom 3. Juni bis 18. September 1905. In Übereinstimmung mit dem optischen Verhalten des Sternes fand sich, daß die Lichtkurve zum η Aquilaetypus gehört, indem die Zunahme nur 1.1, die Abnahme aber 2.7 Tage, beträgt und sekundäre Schwankungen auftreten. Nach Müller und Kempf, deren Angaben von Pickering bestätigt sind, beträgt die optische Schwankung der Helligkeit des Veränderlichen 0.80 Größenklasse, die photometrische dagegen gemäß den Messungen von Dr. Wilkens 1.15 Größenklasse. Die blaue Strahlung hellt sich also während des Lichtwechsels nahezu anderthalbmal so stark auf wie die gelbe Strahlung.

2. X Cygni. Dieser kurzperiodische Veränderliche (7437 in Chandlers Third Catalogue) gehört wie S U Cygni dem η Aquilaetypus an. Die Lichtzunahme erfolgt in 6.2 Tagen, die Abnahme dagegen in 10.2 Tagen, und zwar mit Auftreten sekundärer Anschwellungen. Nach Luizet, der die vorstehenden Angaben bestätigt hat, soll die Lichtänderung ferner während zweier Tage in der Nähe des Minimums verschwinden, d. h. es soll die Lichtkurve an dieser Stelle abgeplattet sein.

Wie S U Cygni wurde auch X Cygni an sieben gleichzeitig mit ihm auf der Platte erscheinende Sterne angeschlossen.

Die Größendifferenzen dieser Sterne wurden nach der absoluten Methode bestimmt. Die Aufnahmen erfolgten an neun Abenden, und zwar war die Dauer der Expositionen 1, 3, 5 und 12 Minuten bei freier Öffnung und 12 Minuten bei abgeblendetem Objektiv.

Die aus diesen Daten gewonnene photographische Lichtkurve ergibt, in genauer Übereinstimmung mit den visuellen Beobachtungen, für die Dauer des Anstiegs der Helligkeit 6.2 Tage und für die Dauer des Abstiegs 10.2 Tage. Dagegen zeigen sich auf dem abfallenden Aste der Lichtkurve keine sekundären Anschwellungen. Nach den Untersuchungen von Sperra beträgt nun die optische Amplitude des Lichtwechsels 0.7 Größenklasse, nach Dunér 1.3 und an anderer Stelle ebenfalls nach Dunér 1.2, so daß sich im Mittel 1.0 Größenklasse ergibt, und zwar in Übereinstimmung mit den neuern Messungen am Meridianphotometer durch Pickering, der 1.01 Größenklasse als Schwankung findet. Da die von Wilkens gefundene photographische Amplitude 1.80 Größenklasse beträgt, so ist das Verhältnis beider 1 : 1.8.

3. T Vulpeculae. Dieser kurzperiodische Variable gehört gemäß den Angaben der Beobachter dem η Aquilaetypus an. Nach André dauert der Anstieg der Helligkeit 1.4, der Abstieg 3.0 Tage, nach Terkan 2.0, resp. 2.4 Tage. Da in der direkten Umgebung von T Vulpeculae keine passenden Vergleichsterne vorhanden waren, so wurde T Vulpeculae an die nur 8° von ihm entfernte Vergleichssterngruppe von X Cygni angeschlossen.

Die Beobachtungen umfassen die Zeit vom 9. Juli bis 18. September 1905. Gemäß denselben umfaßt der Anstieg der Helligkeit 1.2, die Abnahme 3.2 Tage, die sekundären Anschwellungen bedürfen wohl noch weiterer Bestätigung. Für die Amplitude des Lichtwechsels ergibt sich 1.20 Größenklasse; die visuellen Beobachtungen von Chandler, Luizet, Sawyer und Yendell ergeben in guter Übereinstimmung mit den neuern Messungen von Terkan für die optische Amplitude 0.84 Größenklasse. Die Messungen am Meridianphotometer durch Pickering ergaben weniger, nämlich 0.60 Größenklasse.

Wilkens findet als Mittelwert für das Verhältnis der photographischen zur optischen Schwankung des Lichtes 1.5.

4. S Sagittae. Dieser Veränderliche ist einer der bestausgeprägten Repräsentanten des η Aquilaetypus. Nach schnell erfolgtem Anstiege der Helligkeit bis zum Hauptmaximum führt der Lichtwechsel eine intermediäre Schwankung aus, die in der Kurve in einem deutlichen Buckel zum Ausdrucke kommt; auch Wilkens photographische Helligkeitsmessungen beweisen diese charakteristische Eigenschaft, trotzdem die Messungen nicht sehr zahlreich, dafür aber sehr genau sind.

Die photographische Schwankung des Lichtwechsels ergab sich zu 1.30 Größenklassen. Eine ausführliche Diskussion der visuellen Messungen von Gore, Yendell, Sawyer, Pickering und Luizet durch letztern ergibt als Wert der optischen Schwankung 0.84 Größenklasse; neuere Messungen durch Pickering und Terkan ergeben einen geringern Wert, und zwar findet ersterer 0.63 und letzterer 0.57 Größenklasse. Jedenfalls ist aber die optische Schwankung geringer als die photographische.

Wilkens nimmt 0.77 Größenklasse als definitiven Wert der optischen Schwankung und findet damit für das Verhältnis der photographischen zu dieser 1.69.

5. U Vulpeculae. Dieser Variable gehört nach den Untersuchungen der Entdecker, Müller und Kempf, zum ζ Geminorumtypus. Die optische Lichtzunahme wie -abnahme soll in derselben Zeit erfolgen, eine Einbiegung der Lichtkurve ist von Müller und Kempf nicht bemerkt worden. Aus Wilkens' Aufnahmen ergibt sich dagegen, daß der absteigende Ast der photographischen Lichtkurve mit einem Buckel behaftet ist, so daß U Vulpeculae, wenigstens was den Lichtwechsel der blauen Strahlung angeht, eher zum η Aquilae- als zum ζ Geminorumtypus zu gehören scheint. Da U Vul-

peculae ein ausgesprochen gelber Stern ist, so war von vornherein auf ein geringes aktinisches Strahlungsvermögen zu schließen, und in der Tat folgt aus den Aufnahmen, daß die photographische Größe des Variabeln zwischen 8.4 und 9.5 schwankt, während die visuelle Größe zwischen 6.9 und 7.6 eingeschlossen ist. Deswegen waren für diesen Veränderlichen, zumal mit Rücksicht auf die extrafokalen Aufnahmen, längere Expositionen erforderlich. Es wurden durchschnittlich zwei Expositionen vorgenommen mit einer Dauer von 7 und 15 Minuten.

Das Verhältnis der photographischen zur optischen Amplitude des Lichtwechsels fand sich gleich 1.6.

6. d Serpentis. Nach den Angaben von Yendell soll dieser Variable die kurze Periode von 8.7 Tagen haben, ferner soll das Anwachsen der Helligkeit etwas über 2 Tage, die Abnahme etwas über 6 Tage betragen, und 4.4 Tage nach dem Hauptminimum soll ein Nebenminimum auftreten. Der Stern würde hiernach dem η Aquilaetypus angehören und ist aus diesem Grunde photographisch von Wilkens verfolgt worden. „Die Vermutung über das Verhalten der photographischen zur optischen Amplitude des Lichtwechsels hat sich aber in diesem Falle nicht bestätigt, vielmehr ergeben die Messungen an den Aufnahmen von 30 Platten, daß d Serpentis photographisch überhaupt als unveränderlich zu betrachten ist. Dieses Resultat ist in Übereinstimmung mit den visuellen Messungen am Meridianphotometer durch Pickering, der ebenfalls keine merklichen Helligkeitsschwankungen an d Serpentis wahrgenommen hat und d Serpentis für unveränderlich hält."

Nach Ableitung der wesentlichen Ergebnisse seiner Untersuchungen hat Dr. Wilkens die Vergleichssterne und Variabeln zur Einreihung in das gebräuchliche Größenklassensystem an die Plejaden angeschlossen, deren photographische Größen durch die Untersuchungen Schwarzschilds sehr genau bekannt sind.

Auf diese Weise findet er folgende Grenzwerte der Helligkeitsschwankungen der genannten Veränderlichen:

	photogr.	visuell
SU Cygni	7.1—8.3	6.6—7.4
X Cygni	7.3—9.0	6.2—7.3
T Vulpeculae	6.3—7.5	5.4—6.2
S Sagittae	6.4—7.7	5.7—6.4
U Vulpeculae	8.4—9.5	6.9—7.6

„Alle Variabeln sind also photographisch bedeutend schwächer als optisch; nur bei S U Cygni liegt der hellste Punkt des photographischen Lichtwechsels innerhalb des Bereiches der optischen Strahlung, aber doch noch hart an dessen Grenze, sonst spielt die photographische Lichtschwankung bei keinem der andern Variabeln in den Bereich des optischen Lichtwechsels hinein."

Zum Schlusse seiner Untersuchungen geht Dr. Wilkens noch kurz auf die wahrscheinliche Ursache des Lichtwechsels der Sterne vom obigen Typus und des stärkern Aufhellens der blauen gegenüber der gelben Strahlung ein. „Klinkerfues hat zuerst die Hypothese aufgestellt, daß die Lichtschwankung dieser Sterne auf den Ebbe- und Fluterscheinungen einer absorbierenden Atmosphäre beruhe; unter Hinzuziehung der Annahme, daß die Atmosphären jener Sterne wie die Erdatmosphäre eine weit stärkere Absorption der blauen als der gelben Strahlung vornehmen, scheint eine ungezwungene Erklärung des Übergewichts der Amplitude der blauen über die gelbe Strahlung des Lichtwechsels zu folgen. Indessen macht Schwarzschild im Falle des von ihm untersuchten Lichtwechsels von η Aquilae darauf aufmerksam, daß die Phasen des Lichtwechsels im Verhältnis zur Perihellage und Stellung des die Gezeitenerscheinungen bewirkenden Begleiters in seiner Bahn so eigentümlich sind, daß die Klinkerfuessche Hypothese doch noch zu Bedenken Anlaß gibt. Über die oben untersuchten Variabeln liegen noch keine spektroskopischen Beobachtungen vor, so daß eine Vergleichung des Lichtwechsels mit der Bahnbewegung und Perihellage des Begleiters vorläufig nicht möglich ist."

Die Helligkeit der Nova in den Zwillingen 1903 ist von Prof. Barnard vom letzten Drittel des März bis zum November jenes Jahres beobachtet worden.[1]) Der Stern war zuerst rot, doch schwand die Färbung allmählich vollständig. Anfangs war die Nova in der gleichen Stellung des Okulars wie jeder andere Stern am schärfsten, aber in der letzten Hälfte des April schien es Prof. Barnard, daß der Stern am schärfsten sich darstellte, wenn das Okular etwas über die Stellung hinausgezogen wurde, in welcher gewöhnlich Fixsterne das schärfste Bild zeigen. Am 31. August zeigt die Nova etwas nebeliges Aussehen. Am 21. September erschien sie bei 700 facher Vergrößerung am deutlichsten, wenn das Okular etwas weiter ausgezogen wurde als bei andern Sternen, und zwar im Vergleiche mit einem Sterne 10. Größe um 0.29 Zoll. Als Prof. Barnard am 30. März die schärfste Einstellung für die Nova ausprobierte, fand er zu seiner Überraschung, daß dies für zwei verschiedene Stellungen des Okulars stattfand. In der einen erschien die Nova von einem schwachen rötlichen Halo umgeben, in der andern mit einem graublauen Halo von 4.8″ Durchmesser, während der Stern selbst rötlich war und ein Scheibchen von 0.1″ Durchmesser zeigte. Am 6. April war das rötliche Bild noch sichtbar, aber weniger auffällig, am 27. August dagegen völlig verschwunden. Eine 1903 Februar 21 von Parkhurst an einem zweifüßigen Reflektor aufgenommene Photographie der Gegend, in der später die Nova sichtbar wurde, zeigt äußerst nahe

[1]) Sirius 1903. p. 155 u. 206.

bei dem Orte derselben ein sehr lichtschwaches Sternchen, von dem man annahm, daß es tatsächlich die Nova vor ihrem Aufleuchten sei. Als letztere indessen wieder an Helligkeit abgenommen hatte, sah Prof. Barnard am 1. September 1904 das kleine Sternchen dicht neben ihr, womit also bewiesen ist, daß die Nova nicht damit identisch ist und am 21. Februar 1903 lichtschwächer war als dieses. Was die Helligkeit der Nova anbelangt, so gibt Prof. Barnard dafür eine Reihe von Schätzungen. Gemäß diesen war der Stern 1903 am 27. März 8. Größe, am 3. April 9. Größe, am 18. Mai 10. Größe, am 31. August etwa 12. Größe, im Dezember 12.3 Größe, 1904 im April und Mai 12.1 Größe, in der ersten Hälfte des Oktober 13.6 Größe, Ende November 14.4 Größe, 1905 im November und Dezember 14.7 Größe, am 27. Februar 1906 14.8 Größe. Nachdem erschien die Nova nur wenig heller als der oben erwähnte Stern dicht neben ihr, und bei schlechter Luft vermischt sich ihr Licht mit diesem. Die Vergleichung der Position der Nova mit einer Anzahl benachbarter Sterne ergab für Prof. Barnard die Überzeugung, daß sie völlig unbeweglich blieb und auch keine Spur einer jährlichen Parallaxe erkennen läßt.

Nova velorum. Die Untersuchung von photographischen Sternaufnahmen auf dem Hilfsobservatorium der Harvardsternwarte durch Miss Leavitt hat zur Entdeckung einer Nova geführt. Der Ort derselben am Himmel ist (für 1900) $AR = 10^h\ 58^m\ 20^s$, $D = -53°\ 50.9'$. Dieser Punkt liegt im Sternbilde des Schiffes Argo, und zwar in demjenigen Teile, der die Segel (Vela) bezeichnet. Der Stern steht 15″ südlich von einem Sternchen 15. Größe und folgt 2^s in Rektaszension auf dasselbe. Wegen des kleinen Maßstabes der Platten waren Messungen der Positionen und Helligkeiten der Nova schwierig. Die Nova findet sich nicht auf irgend einer Aufnahme vor dem 5. Dezember 1905, aber seit diesem Datum auf 14 spätern Platten. Die letzte Platte vor dem Auftauchen der Nova war am 12. Juli 1905 von diesem Teile des südlichen Himmels genommen worden, und auf ihr sind Sterne 11.5 Größe sichtbar. Die seitdem gemachten Aufnahmen sind in folgender Tabelle aufgeführt, welche die Zeit der Aufnahme (Jahr, Monat, Tag), die Expositionsdauer in Minuten und die Helligkeit der Nova enthält.

Datum				
Jahr	Monat	Tag	Exposition	Helligkeit
1905	7	12	60	<11.5 Größe
1905	12	5	62	9.72 „
1906	1	26	60	9.71 „
1906	1	30	63	9.98 „
1906	2	3	60	0.95 „
1906	3	17	75	9.80 „
1906	3	21	70	9.78 „
1906	3	26	485	9.80 „

Datum			Exposition	Helligkeit
Jahr	Monat	Tag		
1906	4	28	60	10.55 Größe
1906	4	30	60	10.42 „
1906	5	10	60	10.10 „
1906	5	12	60	10.15 „
1906	6	11	64	10.02 „
1906	6	13	65	9.80 „
1906	6	29	60	11.05 „
1906	7	2	60	$<$11.2 „

Die Anzahl der untersuchten Platten, auf denen die Nova nicht sichtbar, also schwächer als 11. Größe war, beträgt 127, und zwar reichen dieselben bis zum Jahre 1889 zurück. Zwei von diesen Aufnahmen wurden mit dem 24-zolligen Bruceteleskop und zwei andere mit dem 8-zolligen Bacheteleskop erhalten; sie zeigen Sterne bis zur 15. Größe, aber keine Spur der Nova. Auf 25 andern Platten sind Sterne bis 13.5 Größe dargestellt, aber ebenfalls ohne Andeutung der Nova. Diese letztere erlitt beträchtliche Lichtschwankungen während der Zeit, daß sie beobachtet wurde, und Prof. Edward Pickering hält es nicht für ausgeschlossen, daß sie wieder heller wird, so daß ihr Spektrum photographiert werden kann. Sollte aber dieser Fall auch nicht eintreten, so kann doch kein Zweifel sein, daß es sich um eine wirkliche Nova handelt.[1])

Die Entdeckung und Vermessung von 350 neuen Doppelsternen veröffentlicht R. G. Aitken[2]). Sie führen die Katalognummern A 901 bis 1250. Unter ihnen haben 267 Distanzen des Begleiters von weniger als 2″, bei 31 ist die Distanz kleiner als 0.25″, bei neun erreicht sie etwa 5″. Bei elf Sternen des Verzeichnisses finden sich nähere Begleiter zu Struveschen Doppelsternen, bei vier nähere Begleiter zu Herschelschen Doppelsternen.

Neu aufgefundene Doppelsterne, J. E. Espin gibt das folgende Verzeichnis der von ihm entdeckten Doppelsterne.[3]) In demselben bezeichnet Nr. die fortlaufende Nummer, B. D. die Bezeichnung des Sternes in der Bonner Durchmusterung, R. A. und D. gelten für 1900, P. ist der Positionswinkel, D. die Distanz in Bogensekunden. M. bezeichnet die Größenklasse des Hauptsternes und seines Begleiters. In der letzten Kolumne ist das Datum der Messungen in Jahren und Bruchteilen derselben angegeben.

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 121.
[2]) Lick Obs. Bulletin Nr. 93.
[3]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. 66. Nr. 4. January 1906. p. 146; May 1906. p. 430.

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
	°	h m	° ′	°	″		
222	+38. 46	0 20.6	+38 14	152.5	5.30	8.6 9.5	1905.89
223	—	41.5	38 15	262.5	3.82	9.5 9.5	1905.83
224	37. 130	41.8	38 5	344.8	10.56	8.6 13.7	1905.86
225	37. 138	42.8	38 6	250.9	6.49	9.0 14	1905.86
226	38. 144	49.9	38 27	282.4	6.10	9.0 12.5	1905.79
227	34. 293	1 34.6	34 17	78.1	3.76	9.3 9.8	1905.90
228	—	51.0	37 30	9.5	3.51	9.7 9.7	1905.79
229	37. 497	2 5.2	37 37	38.2	1.67	9.0 10.5	1905.87
230	—	8.2	37 40	301.6	2.86	9.3 9.9	1905.87
231	37. 606	35.6	37 59	81.1	3.95	8.7 9.5	1905.83
232	39. 654	46.6	39 29	188.8	2.30	8.7 9.6	1905.94
233	34. 722	3 37.4	35 0	80±	4 ±	8.6 12.0	1905.87
234	33. 710	39.0	33 34	f	5 ±	9.3 12.0	1905.89
235	34. 732	41.4	34 44	271.3 227.1	2. 5 35.01	12.0 12.0 A = 8.7	1905.89 BC 1905.88 AB
236	34. 744	44.0	34 22	352.8	4.96	9.3 9.6	1905.90
237	33. 757	54.6	33 58	117.8	6.65	9.0 10.0	1905.88
238	34. 809	59.4	34 22	sf	2 ±	9.3 9.5	1905.94
239	35. 856	4 16.5	35 59	—	4 ±	9.0 12.0	1905.87
240	39.1083	44.0	39 18	—	5 ±	9.5 11.0	1905.79
241	36.3293	18 48.0	36 41	69.8	2.03	9.1 10.7	1905.71
242	36.3730	19 46.4	36 28	22.1	2.22	9.5 10.0	1905.85
243	34.3844	58.2	35 6	294.7	4.78	9.0 10.2	1905.71
244	34.3934	20 10.6	35 7	129.6 14.1 306.0	40.72 5.00 4.74	7.5 11.5 C = 12.0 D = 13.2	1905.69 AB 1905.69 BC 1905.69 CD
245	39.5215	26.5	39 47	160.3	4.76	9.4 9.5	1905.79
246	38.4133	27.9	38 11	8.2 355.4	6.21 10.93	9.0 11.5 10.5	1905.75 AB 1905.72 AC
247	36. 416	32.6	36 30	147.9	5.49	8.8 10.2	1905.82
248	36.4173	36.1	36 42	2.0	5.50	9.0 13.0	1905.94
249	33.4031	44.0	34 2	22.3	5.41	9.0 10.0	1905.80
250	36.4287	48.2	36 22	87.6	4.26	9.2 12.5	1905.86
251	36.4352	54.8	36 21	142.9	6.32	8.7 9.3	1905.88
252	36.4442	21 6.2	37 0	170.2	3.49	8.7 9.5	1905.75
253	37.4207	6.7	37 12	22.3	3.46	8.9 9.6	1905.75
254	37.4210	7.0	38 4	330.3	2.39	8.8 9.1	1905.75
255	39.4473	7.1	40 7	33.0	4.89	8.9 11.7	1905.84
256	39.4481	9.0	40 7	280.5	4.34	9.5 9.7	1905.84
257	38.4397	9.1	38 32	323.1	5.80	8.0 12.0	1905.91
258	35.4543	25.5	35 59	355.3 203.3	4.02 25.41	9.3 12.0 A = 9.0	1905.87 BC 1905.83 AB
259	38.4522	28.2	38 22	321.9	2.80	9.2 9.5	1905.93
260	38.4525	28.5	38 35	280.8	5.63	9.0 13.0	1905.85
261	39.4695	48.2	39 52	162.5	4.67	9.2 9.2	1905.96
262	36.4884	22 32.4	37 9	162.2	5.16	8.7 10.5	1905.78
263	40.4860	32.4	40 38	245.8	9.30	8.9 14.0	1905.84
264	40.4862	33.0	40 30	356.4	8.54	8.6 12.5	1905.84
265	32.4501	39.3	33 6	1.4	8.49	8.8 9.3	1905.93
266	39.4958	48.8	39 48	84.8	13.75	8.0 10.7	1905.86
267	—	23 25.8	38 57	174.0	2.21	9.6 11.0	1905.86
268	39.5161	41.9	39 59	266.3	4.23	8.5 10.0	1905.79
—	40.5150	43.1	40 33	215.5	26.78	7.9 8.4	1905.94

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
	°	h m	° ′	°	″		
269	40.5153	44.0	40 46	216.3 139.8	6.64 15.42	8.8 11.0 C = 13	1905.79 1905.79
—	40.5167	48.0	40 48	145.4	50.98	6.5 8.8	1905.94
270	35. 436	2 10.4	+36 0	358.8 343.7	2.95 42.35	9.2 12.0 —	1906.98 BC 1906.98AB
271	34. 459	26.7	34 48	66.4	1.26	9.5 10.0	1906.79
272	35. 551	40.2	35 54	77.0	3.55	9.1 10.5	1906.83
273	34. 633	3 16.7	35 0	356.4	2.81	9.1 9.1	1906.09
274	—	22.1	35 37	142.4	3.18	9.3 9.4	1906.11
275	36. 737	36.3	36 49	297.9	3.41	9.3 10.2	1906.13
276	37. 819	37.3	37 40	282.8	7.81	8.0 13.8	1906.14
277	34. 741	43.8	34 31	289.7 142.5	7.40 30.24	10.0 14.0 A = 7.0	1906.09 BC 1906.09AB
278	39. 937	4 2.4	39 54	168.8	1.98	7.7 9.2	1906.14
279	34. 866	15.9	35 1	242.6	3.24	9.2 11.2	1906.82
280	39.1201	5 4.9	39 49	302.8	3.19	9.0 10.5	1906.14
281	40.1254	13.5	40 13	215.4	2.29	9.0 9.6	1906.14
282	—	21.7	33 44	114.6	1.99	9.1 10.3	1906.09
283	39.1407	39.9	39 56	S.	2 ±	9.5 9.8	1906.13
284	37.1345	46.5	37 24	184.4	4.73	9.0 11.0	1906.07
285	38.1375	59.6	38 55	167.4	2.33	9.0 9.3	1906.15
286	39.1550	6 6.9	39 45	64.0	2.83	9.0 9.5	1906.15
287	37.1476	12.6	37 21	255.5	6.05	9.0 12.5	1906.15
288	39.1600	14.9	39 11	148.9 273.8	4.40 13.42	9.0 9.3 C = 12.0	1906.16AB 1906.16 AC
289	39.1825	55.9	39 6	98.9	1.97	9.4 9.7	1906.18
290	36.1606	7 14.4	36 55	312.4	4.74	9.2 10.0	1906.10
291	32.1667	56.4	32 17	343.4	7.12	8.5 10.2	1906.19
292	38.3876	8 4.9	38 24	165.7	2.50	8.5 9.1	1906.18
293	32.1705	10.5	32 34	214.6	4.76	9.0 9.4	1906.22
294	36.1873	42.8	36 31	162.5	1.70	9.0 9.2	1906.11
295	35.1874	42.8	35 21	306.8	3.58	9.1 11.5	1906.74
296	36.1932	9 6.2	36 47	123.3 174.2	1.83 19.88	11.5 12.5 A = 8.2	1906.13 BC 1906.13AB
297	39.2241	18.9	39 11	40.1	3.60	8.6 10.7	1906.15
298	39.2242	19.4	+39 2	308.7 169.9 318.9	7.89 3.71 92.17	8.8 11.2 10.0 11.0 —	1906.17AB 1906.17CD 1906.17 AC
299	35.2017	25.8	34 56	217.1 360.0	4.78 55.87	11.2 11.5 A = 9.0	1906.26 BC 1906.26AB
300	35.2021	27.6	35 36	142.4	2.04	9.2 10.3	1906.27
301	40.2245	36.5	40 45	236.4	4.23	8.7 10.7	1906.19
302	37.2077	10 20.6	36 58	348.4	2.63	9.2 10.7	1906.17
303	31.2212	53.3	31 10	201.4	7.56	9.0 11.0	1906.29
304	39.2399	55.0	39 1	89.1	5.65	9.2 10.5	1906.19
305	35.2230	11 12.0	35 1	31.8	3.83	9.1 9.5	1906.26
306	39.2458	33.0	39 18	341.0	6.76	8.0 11.2	1906.25
307	39.4291	12 0.1	39 24	358.7	4.74	8.0 13.3	1906.29
308	32.2343	13 16.5	32 30	292.2	7.06	9.1 9.1	1906.28
309	32.2381	39.9	32 4	133.9	1.88	9.2 9.5	1906.29
310	32.2382	40.2	31 57	nf	5 ±	9.2 11.0	1906.27
311	35.2619	14 50.2	+34 52	288.5	3.76	8.8 9.3	1906.28

Untersuchungen über das Doppelsternsystem 61 Cygni hat Östen Bergstrand ausgeführt.[1]) In seiner Abhandlung hebt er einleitend hervor, daß die Kenntnis der Parallaxe dieses klassischen Systems, trotzdem sich zahlreiche Beobachter seit Bessel auf verschiedenen Wegen um die Bestimmung dieser Konstanten bemüht haben, nicht als vollkommen gesichert betrachtet werden kann, da die Werte in dem Zeitraume nach den ersten Bestimmungen von Bessel, C. A. F. Peters und Johnson sämtlich größer ausfielen, um gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts merklich unter den Besselschen Wert zu sinken. Mit letzterm stimmen wieder die Ergebnisse der photographischen Messungen nahe überein, wenn man die nach den Untersuchungen von Jacoby und Davis nicht einwandfreien Bestimmungen von Pritchard ausschließt. Aus diesem Grunde schien die Anstellung weiterer Untersuchungen geboten; außerdem beabsichtigte aber der Verfasser, einen Beitrag zur Bestimmung der Eigenbewegung des Systems und der von Dunér und O. Struve untersuchten Krümmung der relativen Bahn des Begleiters zu liefern, sowie die von J. Wilsing aufgefundenen Abweichungen im Gange der scheinbaren Positionen von der parallaktischen Kurve einer Prüfung zu unterziehen.

Die Aufnahmen sind möglichst gleichmäßig über den Zeitraum von vier Jahren, von August 1899 bis September 1903, verteilt worden. Als Leitstern wurde während der Exposition der Platte 61_1 Cygni am optischen Fernrohre des Upsalaer Refraktors gehalten, dessen bei den Aufnahmen meist ziemlich stark abgeblendetes Objektiv einen Durchmesser von 33 *cm* und eine Brennweite von 4.36 *m* besitzt. Die vier bis acht Aufnahmen auf jeder Platte liegen in der Richtung des Deklinationskreises nebeneinander und entsprechen Expositionszeiten von 20 bis 180 Sekunden. Die Gesamtzahl von 115 Platten hat Verfasser nach Beschaffenheit der Bilder und nach Maßgabe ihrer Verteilung in bezug auf die verschiedenen Phasen der parallaktischen Verschiebung gesichtet und auf den 53 ausgewählten je vier Aufnahmen gemessen.

Prof. Wilsing hatte früher (1897) gefunden,[2]) daß der Unterschied zwischen den Werten der Parallaxe, die auf den Messungen der Abstände zweier Vergleichssterne beruhten, von denen der eine nahe in der Verlängerung der Verbindungslinie der Komponenten, der andere in der Richtung senkrecht auf derselben gelegen war, die Unsicherheit der Messungen beträchtlich überstieg. Weitere Kontrollmessungen führten zu dem allgemeinen Ergebnisse, daß der Betrag der Parallaxe, wenn Distanzen benutzt wurden, welche auf der Verbindungslinie der Komponenten senkrecht standen, 0.23″ nicht

[1]) Nova acta reg. soc. scient. Upsaliensis 1905. **1**. Nr. 3. Kritische Besprechung derselben von J. Wilsing in Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1906. p. 36, woraus oben der Text.

[2]) Publ. Astrophys. Obs. zu Potsdam **11**. p. 36.

erheblich überschreiten konnte. Hiernach durfte das Vorhandensein reeller Verschiebungen der Bilder periodischer Art vermutet werden, welche vom Positionswinkel der gemessenen Distanz abhängig sich mit den eigentlichen parallaktischen Schwankungen vermischten.

Die genaue Prüfung ergab, daß eine reelle Ungleichförmigkeit in der Bewegung des Sternes als wahrscheinlichste Ursache der Verschiebungen anzunehmen sei. Verschiedenes deutet darauf, daß diese Schwankungen Wirkungen der atmosphärischen Dispersion sein könnten, und die Diskussion der von Bergstrand angestellten Messungen hat nun gleichfalls das Vorhandensein periodischer Abweichungen nicht parallaktischer Art ergeben, welche durch die Wirkung der atmosphärischen Dispersion bedingt zu sein scheinen.

Als definitiven Wert, den seine Untersuchungen für die Parallaxe des Systems ergaben, findet Bergstrand $\pi = 0.2926'' \pm 0.0073''$. Prof. Wilsing findet, daß die Wirkung der Dispersion doch noch nicht so weit klargestellt sei, daß sich mit derselben die Wahl des vom Verfasser angenommenen kleinern Wertes für die Parallaxe theoretisch begründen ließe.

Die Bahn des Doppelsternes β 612. Der Ort dieses Sternes im Sternbilde der Jungfrau ist (für 1900) A R = $13^h\,33^m\,40^s$, D = +11° 21. Derselbe wurde von Burnham 1878 mit dem 18-zolligen Refraktor zu Chikago als doppelt erkannt, bestehend aus zwei gleich hellen Sternen 6.2 Größe. Nur die größten Instrumente können die beiden Sterne getrennt zeigen. Schon 1892 fand Glasenapp, daß die Umlaufsperiode derselben etwa 30 Jahre betrage. Eine neue Bahnberechnung hat jetzt R. G. Aitken ausgeführt und dabei alle vorhandenen Messungen bis 1906 benutzt.[1] Er findet folgende Bahnelemente:

$$\begin{aligned} P &= 34.4 \text{ Jahre} \\ T &= 1906.3 \\ e &= 0.27 \\ a &= 0.31'' \\ \omega &= 292.0^\circ \\ \Omega &= 43.3 \\ i &= \pm 65.0 \end{aligned}$$

Für die scheinbare Bahn erhält er folgende Werte:

Halbe große Achse	0.60″
„ kleine „	0.27
Abstand des Sternes vom Zentrum	0.046
Positionswinkel der großen Bahnachse . . .	42.45°
„ des Periastrums	355.95

Spektrum des Sternes Plejone. Dieser Stern, einer der hellen Sterne der Plejadengruppe, ist seit 1888 auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam und ebenso auf der Harvardsternwarte

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 101.

zu Cambridge spektroskopisch aufgenommen worden. Derselbe zeigte die hellen Wasserstofflinien sehr deutlich, nunmehr macht aber Prof. Edwin B. Frost die Mitteilung, daß auf seinen jüngst gemachten Aufnahmen mit dem vortrefflichen Brucespektrographen der Yerkessternwarte, diese hellen Linien verschwunden sind.[1]) Deren Sichtbarkeit war zuerst 1889 von Prof. E. C. Pickering als Ergebnis einer Untersuchung der Harvardplatten durch Miss Maury angekündigt worden.[2]) Platten, welche auf dem Potsdamer Observatorium 1891 und 1892 exponiert wurden, zeigen die hellen Linien ebenfalls sehr klar. Die Aufnahmen am Yerkesobservatorium fanden statt 1905 November 10, Dezember 4, Dezember 25, 1906 Januar 26, Januar 29, Februar 19. Prof Frost teilt ferner mit, daß nach Mitteilung von Prof. Pickering die Linie $H\beta$ im Spektrum des Sternes 1888 Dezember und 1896 Dezember 31 hell erschien, und daß die Untersuchung von 22 Platten, die in 13 Nächten während des Herbstes 1896 aufgenommen waren durch Miss Canon keinerlei Variation in der Intensität der hellen $H\beta$-Linien auf diesen Platten erkennen ließ. Dagegen schreibt Prof. Pickering unter dem 20. Februar 1906: „Die Linie $H\beta$ erscheint nicht mehr hell auf unsern Photographien von Plejone.“ Sie ist nicht zu sehen auf dem Abdrucke eines Negativs, welches 1906 Januar 30 mit dem nämlichen Apparate wie die frühern erhalten wurde. So ist also die Tatsache, daß die hellen Wasserstofflinien im Spektrum der Plejone verschwunden sind, und nur die dunklen Absorptionslinien allein sichtbar blieben, nicht zu bezweifeln. Weitere Aufnahmen des Spektrums dieses Sternes müssen zeigen, ob und welche Periodizität in diesem Vorgange sich ausdrückt. Jedenfalls ist dieser Stern den veränderlichen Sternen zuzuzählen, auch wenn eine Helligkeitsschwankung desselben nicht nachweisbar ist.

Das Spektrum von ε Pegasi ist von Dr. E. Haschek und Dr. K. Kostersitz nach einer ihnen eigentümlichen Methode untersucht worden[3]) an Negativen, die von der Lickssternwarte und dem Yerkesobservatorium stammten. Es ergaben sich dabei Unterschiede, welche die Genannten darauf führten, den Stern als veränderlich zu betrachten. Die Einzelheiten muß man im Originale nachlesen.

Veränderung im Spektrum von ζ Bootis. Eine merkwürdige Veränderung in diesem Spektrum haben H. Ludendorff und G. Eberhard auf dem Astrophysikalischen Observatorium konstatiert und berichten darüber.[4])

„Unter den Spektrogrammen,“ sagen beide Astrophysiker, „die

[1]) Astrophys. Journal 1906. p. 268.
[2]) Astron. Nachr. 1889. **123**. p. 95.
[3]) Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. Wien. Mathem.-naturw. Klasse **114**. Abt. IIa Juli 1905. — Sirius 1906. p. 86 ff.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 4067.

wir seit einigen Jahren mit dem am photographischen 32.5 *cm*-Refraktor des Astrophysikalischen Observatoriums angebrachten Spektrographen IV (drei Prismen) hergestellt haben, um die Radialgeschwindigkeiten einer Anzahl von Sternen zu bestimmen, befindet sich auch eine Aufnahme des Spektrums von ζ Bootis, welche Ludendorff 1905 Juni 3 angefertigt hat, und welche die erste ist, die wir von diesem Sterne erhalten haben. Leider wurde die Platte nicht mehr an demselben Abende entwickelt, so daß die merkwürdigen Erscheinungen, die das Spektrum des Sternes damals bot, erst bei der Entwicklung am nächsten Tage von Eberhard bemerkt wurden. Das Spektrum zeigte nämlich einige sehr auffallende, breite Emissionsbanden, so daß es eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der neuen Sterne hatte. Das Wetter gestattete am nächsten Abende (Juni 4) keine neue Aufnahme, dagegen gelang eine solche Juni 5, die aber ebenso wie alle andern, welche wir seitdem von dem Spektrum von ζ Bootis erhalten haben, keine Spur der erwähnten Eigentümlichkeit verrät.

ζ Bootis ist ein Doppelstern, dessen Komponenten ziemlich gleich hell sind und zur Zeit unserer Beobachtungen einander so nahe standen, daß sie in dem 24 *cm*-Leitfernrohr des photographischen Refraktors nicht mehr getrennt werden konnten; nur bei guter Luft sah man, daß das Bild des Sternes länglich war. Das Spektrum, wie es der Spektrograph IV abbildet, rührt daher von beiden Komponenten zugleich her, und die von anderer Seite früher gemachten Beobachtungen beziehen sich ohne Zweifel auch auf das Gesamtspektrum beider Sterne. Der Draperkatalog ordnet das Spektrum in die Klasse A ein, Vogel in die Klasse Ia 2; Lockyer zählt den Stern zu den „Sirian Stars“. Nirgends findet sich erwähnt, daß das Spektrum irgend eine besondere Eigentümlichkeit gezeigt hätte. Auf dem Potsdamer Observatorium finden sich im ganzen vier Aufnahmen des Spektrums aus frühern Jahren, von denen die erste 1895 Mai 6 von Wilsing mit dem Spektrographen D (geringe Dispersion) hergestellt worden ist. Diese Platte zeigt außer der Serie der Wasserstofflinien nur noch die Kalziumlinie λ 3934, und auf Grund dieser Tatsache hat Vogel die oben erwähnte Klassifizierung vorgenommen. Die drei andern Aufnahmen sind von Hartmann mit dem Spektrographen I am 80 *cm*-Refraktor gemacht worden, und zwar 1902 Juni 3, Juni 4 und Juni 26. Außer der Serie der Wasserstofflinien und der Line λ 3943 ist auf ihnen noch die Magnesiumlinie λ 4481 sichtbar, sowie vielleicht Spuren von andern Absorptionslinien. Von hellen Banden ist nichts wahrzunehmen.

Auf den von uns im vergangenen Sommer mit dem Spektrographen IV erhaltenen Platten ist nur die Strecke des Spektrums von λ 4530 bis λ 4300 völlig scharf abgebildet. In diesem ganzen Bereiche zeigen die Spektren — abgesehen von dem ersten 1905 Juni 3 erhaltenen — nur die Wasserstofflinie H_γ, die noch dazu außerordentlich verwaschen ist und sich kaum vom kontinuierlichen

Spektrum abhebt. Auf einigen Platten ist noch die Magnesiumlinie λ4481 angedeutet, indessen so schwach, daß wir auf die Messung derselben verzichten mußten. Andere Absorptionslinien konnten wir mit Sicherheit nicht feststellen."

Das am 3. Juni 1905 aufgenommene Spektrogramm weicht von allen andern also darin ab, daß es eine Anzahl heller (Emissions-) Linien zeigt, die sich über das kontinuierliche Spektrum, das den Hintergrund bildet, lagern; von dunklen Linien zeigt dieses Spektrogramm nur die an den andern Beobachtungsabenden erhaltenen auf, und $H\gamma$ als einzige meßbare Absorptionslinie. Die beiden Beobachter haben die Wellenlängen λ der Mitte von sechs hellen Emissionsbanden genau gemessen und außerdem in dem brechbarern Teile des Spektrums noch die Lage von mehrern hellern (aber in der Abbildung unscharfen) Banden durch Schätzung bestimmt. Unter Benutzung der dunklen Linie $H\gamma$ ergaben die Messungen eine Geschwindigkeit des Sternes in der Richtung zur Sonne hin von 11 bis 12 *km* pro Sekunde. Eine sichere Identifizierung der hellen Banden mit den Linien bekannter Elemente ist nicht möglich. Wie erwähnt, sind diese hellen Banden bei keiner spätern Aufnahme mehr gefunden worden. „Nach dem Gesagten," bemerken die beiden Astrophysiker, „ist ζ Bootis jedenfalls ein Objekt, welches sowohl photometrisch wie spektroskopisch aufmerksam verfolgt zu werden verdient. Schon mehrfach hat man ja in den Spektren von Sternen Veränderungen konstatiert, doch ist uns, von den neuen Sternen abgesehen, kein Fall bekannt geworden, in welchem eine so bedeutende Änderung — das Verschwinden einer ganzen Anzahl starker Emissionsbanden — in so kurzer Zeit, nämlich im Laufe von zwei Tagen, vor sich gegangen wäre. Es ist sehr zu bedauern, daß wir nicht angeben können, wie lange die Emissionsbanden zu ihrer Entwicklung gebraucht haben. Vielleicht finden sich auf andern Sternwarten Beobachtungen, welche wenigstens die Ermittlung eines Grenzwertes für diesen Vorgang ermöglichen."

Neue spektroskopische Doppelsterne. Auf der Lickssternwarte und auf dem Yerkesobservatorium ist wiederum bei mehrern Sternen durch photographische Aufnahmen eine veränderliche Bewegung in der Gesichtslinie zur Erde nachgewiesen worden, womit diese Sterne in die Reihe der spektroskopischen Doppelsterne treten. Folgende wurden auf der Lickssternwarte von J. G. Moore nachgewiesen.[1])

τ Ursae majoris
(A R = 9^h 2.7^m; D = + 63° 55′).

Aus fünf in der Zeit vom 22. Januar 1900 bis zum 29. Januar 1906 aufgenommenen Platten ergaben sich radiale Geschwindigkeiten, die zwischen — 1 und — 10.2 *km* pro Sekunde schwanken.

---

1) Astrophys. Journal 1906. p. 263.

λ Hydrae
(A R = 10^h 5.7^m; D = — 11° 51′).

Die spektrographischen Aufnahmen geschahen zwischen 1890 März 30 und 1904 März 31 und lieferten Radialgeschwindigkeiten zwischen + 15.1 und + 24.1 *km* pro Sekunde. Das Spektrum gehört zum Typus K der Harvardspektra.

μ Ursae majoris
(A R = 10^h 16.4^m; D = + 42° 0′).

Die fünf Aufnahmen des Spektrums geschahen zwischen dem 24. Februar 1897 und dem 4. Januar 1906. Das Spektrum gehört zum Typus M, und die Geschwindigkeiten liegen zwischen — 16 und — 27.4 *km*.

Die sämtlichen Aufnahmen der vorgenannten drei Sterne geschahen mit dem Millsspektrographen. Eine Ableitung der Umlaufszeiten dieser spektroskopischen Doppelsterne ist aus den bisherigen Messungen nicht möglich.

Y Ophiuchi
(A R = 17^h 47.3^m; D = — 6° 7′).

Der Charakter dieses veränderlichen Sternes als eines spektroskopischen Doppelsternes wurde von S. Albrecht (Lickšternwarte) aus einer Reihe von Aufnahmen mit dem Einprismenspektrographen in der zweiten Hälfte des Jahres 1905 erkannt. Die Umlausfperiode fällt zusammen mit der Periode des Lichtwechsels und beträgt 17.12 Tage.

Die folgenden vier Sterne wurden auf der Yerkessternwarte von Prof. Edwin B. Frost als spektroskopische Doppelsterne nachgewiesen.[1])

B D — 1° 1004, 5.1 Größe
(A R = 5^h 36^m; D = — 1° 11′).

Das Spektrum ist dasjenige der Sterne des Oriontypus, und die Linien sind breit. Die Heliumlinie λ 4388, eine der am besten meßbaren Linien in diesem Spektrum, scheint eine von den Verschiebungen der andern Linien verschiedene Ortsverschiebung von ihrer normalen Lage zu besitzen, was auf einen zweiten Begleiter zu deuten scheint. Die vier spektrographischen Aufnahmen geschahen zwischen 1905 Februar 13 und 1906 Februar 16. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen — 34 und + 132 *km* in der Sekunde. Es scheint, daß die Periode des Umlaufes kurz ist.

29 Canis majoris, 4.8 Größe
(A R = 7^h 14^m; D = — 24° 23′).

Von dem Spektrum dieses Sternes liegen photographische Aufnahmen vor aus den Monaten Januar und Februar 1906. Sie zeigen

[1]) A. a. O. p. 264.

Geschwindigkeiten, die zwischen — 3 und — 243 *km* in der Sekunde betragen. Die erste und dritte Platte, welche die sehr großen Geschwindigkeiten andeutet, sind übrigens unterexponiert und daher die Resultate unsicher. Die Linienverschiebung in solcher ist indessen sicher und die Periode anscheinend kurz.

μ Orionis, 4.3 Größe
(A R = 5^h 57^m; D = + 9° 39′).

Von 1905 November 24 bis zum 9. Februar 1906 wurden sieben spektroskopische Aufnahmen dieses Sternes erhalten, welche radiale Geschwindigkeiten von + 21 bis + 71.5 *km* erkennen lassen. Das Spektrum ist nicht sehr von demjenigen des Sternes α Cygni verschieden und zu Messungen der Lage der Linien sehr geeignet. Die Aufnahmen vom 5. und 8. Januar 1906 deuten an, daß die Periode nur kurz ist. Einige Platten geben schwache Andeutungen von Linien eines zweiten Begleiters, doch müssen hierüber weitere Aufnahmen entscheiden.

T Monocerotis
(A R = 6^h 20^m; D = + 7° 8′).

Ein veränderlicher Stern, dessen Helligkeit zwischen 6. und 8. Größe schwankt. Sein Spektrum ist dem Sonnenspektrum ähnlich. Die Lichtschwäche machte lange Exponierung der Platten erforderlich. Die Radialgeschwindigkeit verändert sich nicht sehr, aber sie ist doch unzweifelhaft. Die Periode des Lichtwechsels beträgt 27 Tage.

Geschwindigkeitsbestimmungen der spektroskopischen Normalsterne sind 1905 auf dem Observatorium zu Flagstaff (Arizona) von V. W. Slipher ausgeführt worden.[1]) Hierbei wurde statt des Sternes α Crateris, welcher sich zu nahe bei der Sonne befand, der Stern γ Cephei gewählt, einer von den drei Sternen (ι Aurigae, ε Leonis, γ Cephei), welche Prof. Frost zur Ergänzung vorgeschlagen hatte, falls aus irgend einem Grunde ein Stern der obigen Liste nicht beobachtet werden könne. Daneben hat Slipher noch eine Anzahl Extraspektrogramme der Sterne α Persei und α Bootis aufgenommen. Um die Genauigkeit der Aufnahmen zu prüfen, wurden in geeigneten Zwischenzeiten auch Spektra der Venus, des Mars und des Mondes aufgenommen und aus den Linienverschiebungen derselben die Geschwindigkeiten dieser Planeten abgeleitet. Der Vergleich dieser gemessenen mit den aus der Bewegungstheorie berechneten Geschwindigkeiten lieferte einen direkten Maßstab für die Genauigkeit dieser Art von Messungen. Der Spektrograph, mit dem die Aufnahmen erhalten wurden, war an dem 24-zolligen Refraktor des Lowellobservatoriums angebracht. Als Vergleichsspektrum diente

[1]) Lowell Obs. Bulletin Nr. 23.

das Funkenspektrum des Molybdäns und einer Legierung von Eisen und Vanadium.

Die Kontrollaufnahmen der Spektren des Mars, der Venus und des Mondes zur Vergleichung der aus den Aufnahmen beobachteten und der berechneten Radialgeschwindigkeiten ergaben eine recht befriedigende Übereinstimmung. So wurde für Mars am 28. April 1905 die relative Geschwindigkeit in der Gesichtslinie 1905 zur Erde gleich — 8.39 *km* in der Sekunde gefunden, während die Rechnung gemäß der Theorie der Marsbewegung dafür —7.92 *km* ergibt. Für den Planeten Venus fand sich Juli 11 spektrographisch die Radialgeschwindigkeit zu 13.72 *km* der Theorie gemäß zu + 13.40 *km*; für den Mars Oktober 5 spektrographisch + 0.55 *km*, rechnerisch + 0.65 *km*. Sämtliche Kontrollaufnahmen dieser Art zeigten in ähnlicher Weise, daß die spektrographischen Bestimmungen Vertrauen verdienen und frei von wesentlichen systematischen Fehlern sind. Slipher teilt die Messungen an den Spektrogrammen der oben bezeichneten Standardsterne im einzelnen mit und gibt dann die Mittelwerte der so erhaltenen Geschwindigkeiten für jeden Stern. Bei letztern wurde darauf die durch die Eigenbewegung und Rotation der Erde erforderlichen Korrekturen in Anrechnung gebracht und auf diesem Wege schließlich die relative Geschwindigkeit der betreffenden Sterne mit Bezug auf die Sonne erhalten. Folgendes ist das endgültige Ergebnis der Aufnahmen und Ausmessungen Sliphers.

Die Zahlen bezeichnen die Geschwindigkeiten pro Sekunde in Kilometern, — bedeutet Annäherung, + Entfernung von der Sonne.

α Arietis. Mittelwert aus den Aufnahmen von drei Abenden: — 14.3 *km*. Frost, Adams und Campbell haben früher für diese Geschwindigkeiten im Mittel — 13.8 *km* gefunden.

α Persei. Radiale Geschwindigkeit im Mittel von fünf Beobachtungsabenden — 2.5 *km*. Die frühern Bestimmungen von Adams, Belopolsky, Campbell, Frost und Vogel ergaben im Mittel — 2.5 *km*.

β Leporis. Im Mittel aus drei Beobachtungsabenden ergibt sich als Radialgeschwindigkeit — 13.0 *km*. Frost und Adams fanden — 12.4 *km*.

β Geminorum. Drei Beobachtungsabende lieferten den Wert + 3.3 *km*. Der Mittelwert der frühern Bestimmungen von Adams, Belopolsky, Frost und andern Beobachtern ist + 3.5 *km*.

α Bootis. Im Mittel aus fünf Beobachtungsabenden folgt als Radialgeschwindigkeit dieses Sternes — 4.7 *km*.

Sämtliche frühern Aufnahmen von Adams, Frost usw. ergaben als Mittelwert — 5.0 *km*.

β Ophiuchi. Drei Beobachtungsabende lieferten als Mittelwert — 11.3 *km*. Die frühern Bestimmungen von Frost, Adams und Novell ergaben im Durchschnitt — 12.7.

γ Aquila. Der Mittelwert für die Radialgeschwindigkeit ist nach drei Beobachtungsabenden — 2.6 *km*.

Das Mittel der frühern Bestimmungen von Adams, Frost usw. ergibt — 1.9 *km*.

ε Pegasi. Nach vier Beobachtungsabenden ergab sich für die Radialgeschwindigkeit dieses Sternes + 6.1 *km*.

Die frühern Beobachtungen der andern oben genannten Spektroskopiker lieferten im Mittel des nämlichen Wertes + 6.1.

γ Piscium. Das Mittel aus drei Beobachtungsabenden ist — 11.3 *km*. Die frühern Messungen von Frost und Adams ergaben — 10.9 *km*.

γ Cephei. Die Aufnahmen an drei Abenden lieferten als Radialgeschwindigkeit den Wert — 41.9 *km*.

Frost, Adams und Belopolsky fanden früher nahe übereinstimmend damit im Mittel ihrer Messungen — 41.1 *km*.

Die Messungen zeigen, wie man sieht, eine gute Übereinstimmung, und man darf zu der Zuverlässigkeit derselben Vertrauen haben.

Die radiale Geschwindigkeit des Sirius. Prof. Campbell gibt eine Zusammenstellung der spektroskopischen Beobachtungen der Bewegung des Sirius in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde. Als Bahn des Doppelsystems, welches Sirius und sein Begleiter bilden, nimmt er diejenige an, die Dr. Zwirs berechnet hat: Umlaufszeit 48.8421 Jahre, halbe große Achse 7.594″, Exzentrizität 0.5875, Durchgang durch das Periastrum 1894.09. Nach Dr. Gill beträgt die Parallaxe des Sirius 0.37″; die Massen der beiden Sterne sind 2.20 und 1.04, wenn die Sonnenmasse = 1 angenommen wird. Wenn man beachtet, daß die beiden Körper, welche das Siriussystem bilden, um ihren gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, so ist einleuchtend, daß ihre radiale Geschwindigkeit mit Bezug auf uns ihren größten Wert erreicht, wenn sie in dem gleichen Abstande vom Beobachter sich befinden, also in den Knoten ihrer Bahn. Auf der Licksternwarte sind seit 1896 zahlreiche Spektrogramme des Sirius aufgenommen worden zu dem Zwecke, aus der Verschiebung der Linien im Spektrum die Größe der Eigenbewegung in der Gesichtslinie zur Erde festzustellen. Nachstehend folgt eine Zusammenstellung dieser bezüglichen Ermittlungen, sowie der früher in Potsdam und Paris erhaltenen. Das Vorzeichen — bedeutet Annäherung an die Erde.

Beobachtungsort	Zeit	beob. Geschwindigkeit
Potsdam	1888.99	—13.9 *km*
„	1890.09	—17.0 „
Paris	1891.17	— 1.2 „
Potsdam	1891.20	—14.9 „
„	1895.21	— 4.1 „
Lick	1896.97	— 3.2 „
„	1898.74	— 3.6 „

Beobachtungsort	Zeit	beob. Geschwindigkeit
Lick	1899.92	— 4.8 *km*
„	1891.93	— 4.8 „
Yerkes	1902.06	— 6.9 „
Lick	1903.07	— 6.9 „
„	1904.95	— 5.4 „
„	1905.12	— 7.4 „

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß der Schwerpunkt des Siriussystems in der Gesichtslinie zur Erde sich uns pro Sekunde um 7.4 *km* nähert, also täglich um 639 360 *km* oder das 1.7 fache der Entfernung des Mondes von der Erde. Die beobachtete Geschwindigkeit ändert sich, weil die beiden Hauptkörper des Siriussystems in 48.8 Jahren um ihren Schwerpunkt kreisen, in einer 46° geneigten Ebene. Das Hauptgestirn des glänzenden Sirius selbst entfernt sich seit 1891 von der Erde, aber mit abnehmender Geschwindigkeit infolge seiner Bewegung um den Schwerpunkt des Systems.

Die Radialbewegung von ε Aurigae ist von H. Ludendorff untersucht worden.[1]) Dieser Veränderliche ist ein spektroskopischer Doppelstern gemäß der von Vogel und Eberhard 1902 entdeckten Veränderlichkeit seiner Radialbewegung.[2]) Schon früher hat Ludendorff eine Untersuchung über den Lichtwechsel dieses Sternes veröffentlicht,[3]) der sich auf das gesamte vorhandene Material an Helligkeitsschätzungen desselben gründet und folgende Ergebnisse lieferte: Die Form der Lichtkurve von ε Aurigae ist durchaus dieselbe wie bei den Algolsternen, und nur die große Länge der Periode, nämlich 27.12 Jahre, läßt es nicht ohne weiteres angängig erscheinen, den Stern zu den Algolsternen im eigentlichen Sinne zu rechnen. Die Mitte des letzten Minimums fand 1902 März 31 statt. Die Dauer der Konstanz der Helligkeit im Minimum beträgt 313^d, die der Abnahme und Wiederzunahme der Helligkeit je 207^d, die Amplitude der Helligkeitsschwankung 0.73^m. Außerhalb des Minimums ist die Helligkeit konstant (Größe 3.35) oder erleidet wenigstens nur so kleine Änderungen, daß sie aus den vorhandenen Beobachtungen nicht festgestellt werden können. Durch eine Abhandlung von Markwick haben diese Folgerungen inzwischen eine Bestätigung erfahren.

Die zur Messung der Radialgeschwindigkeit zur Verfügung stehenden Spektrogramme sind an dem photographischen Refraktor des Potsdamer Observatoriums in den Jahren 1901 bis 1905 erhalten worden und beziffern sich auf 26. Sie zeigen eine deutliche Beziehung zwischen der Radialbewegung und dem Lichtwechsel. Vor dem Minimum hat sich — soweit die vorhandenen Beobachtungen derartige Schlüsse erlauben — die hellste Komponente von ε Aurigae

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4084.
[2]) Sitzungsber. d. K. Peuß. Akad. d. Wissensch. 1902. p. 1068.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 3918.

vorwiegend von uns entfernt, während sie sich seit dem Minimum uns genähert hat. Die Umkehr der Bewegung ist während des Minimums erfolgt.

Auf Grund dieser Erscheinung und der dem Algoltypus durchaus entsprechenden Form der Lichtkurve liegt es nun nahe, den Lichtwechsel in entsprechender Weise wie bei den Algolsternen zu erklären. Dem steht aber ein sehr schwerwiegender Einwand entgegen: Infolge der langen Periode des Lichtwechsels (27 Jahre) würde man zu der Annahme einer so enorm geringen Dichte des Sternes gezwungen sein, daß die angeführte Hypothese nicht haltbar zu sein scheint.

Die gefundenen Werte der Radialbewegung lassen sich aber nicht durch die alleinige Annahme einer Bewegung von sehr langer Periode (etwa der des Lichtwechsels) erklären. Es verrät sich in den Werten der Radialgeschwindigkeit vielmehr noch eine kürzere Periode, deren Vorhandensein namentlich aus einer graphischen Darstellung deutlich hervorgeht. Die Annahme einer Periode von 142^d würde die aus den Kurven, freilich mit ziemlich großer Willkür, abgelesenen Maxima und Minima leidlich gut darstellen; ob diese Periode der Wirklichkeit entspricht, läßt Verfasser aber völlig dahingestellt, ebenso wie er auf andere Vermutungen, namentlich eine angedeutete Abnahme der Amplitude der kurzperiodischen Bewegung, nicht eingeht, da sie gar zu unsicher sind.

„Leider ist das Beobachtungsmaterial zu dürftig, um die interessanten Erscheinungen, die das Sternsystem ε Aurigae bietet, näher zu studieren. Das einzige Resultat, welches sich bis jetzt mit nicht zu großer Unsicherheit aussprechen läßt, ist das folgende: Wenn man die im Spektrum von ε Aurigae beobachteten Linienverschiebungen allein durch Veränderungen der Radialgeschwindigkeit erklären will, so reicht man mit der Annahme von zwei Körpern nicht aus; eine Beziehung zwischen dem Lichtwechsel und den Veränderungen der Radialgeschwindigkeit läßt sich kaum bezweifeln."

Über die Radialbewegung von β Arietis hat H. Ludendorff Untersuchungen angestellt.[1]) Die Veränderlichkeit dieser Bewegung wurde 1903 von Vogel entdeckt. Ludendorff konnte 37 Spektrogramme benutzen, die in den Jahren 1902 bis 1904 mit dem photographischen Refraktor des Potsdamer Observatoriums aufgenommen worden sind. Das Spektrum von β Arietis gehört der Klasse Ia 2 an; die Absorptionslinien sind breit und verwaschen, so daß auf der Strecke des Spektrums von λ 4530 bis λ 4300, welche der Spektrograph IV scharf abbildet, sich nur zwei meßbare Linien befinden, nämlich die Magnesiumlinie λ 4481 und $H\gamma$. Eine Anzahl anderer

1) Astron. Nachr. 4090.

Linien ist angedeutet, aber die Messung derselben wäre so ungenau gewesen, daß Verfasser darauf verzichten mußte.

Verschiedene Umstände trugen dazu bei, daß sichere Ergebnisse nicht zu erhalten waren. Ludendorff vermutet eine Periode, die zwischen 321 und 64 Tagen liegt. Er sagt: „Die Radialbewegung von β Arietis ist hiernach durch die verhältnismäßig lange völlige oder doch nahezu völlige Konstanz und die dann eintretenden sehr raschen Änderungen recht interessant. Es erscheint mir indessen übereilt, über die Bahn irgend welche Betrachtungen anzustellen, ehe nicht eine größere Zahl von Beobachtungen vorliegt."

Das vierfache System des Castor. Der physische Doppelstern Castor ist gleichzeitig ein spektroskopischer. Wie 1896 Bélopolsky für den schwächern (α_1) der beiden Hauptsterne und 1904 H. Curtis für den andern (α_2) gefunden, zeigen diese Sterne periodische Schwankungen ihrer Bewegungsgeschwindigkeit in der Richtung gegen die Erde hin, welche beweisen, daß jeder dieser hellen Sterne sich mit einem unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider bewegt. Ihre Bahn zu durchlaufen, brauchen die beiden Hauptsterne mindestens $3^1/_2$ bis 4 Jahrhunderte, während die Umlaufszeiten der spektroskopischen Begleiter von α_1 und α_2 nur wenige Tage betragen. Genaue Untersuchungen über diese letztern hat Hebert D. Curtis veröffentlicht.[1]) Dieselben gründen sich auf seine auf der Licksternwarte erhaltenen spektrographischen Aufnahmen und auf die frühern Aufnahmen Bélopolskys. Die Spektra der beiden Sterne α_1 und α_2 gehören dem Typus des Sirius an und haben in der Klassifikation der Harvardsternwarte die Bezeichnung A und VIIIa.

Die Absorptionslinien erscheinen etwas zahlreicher im Spektrum des schwächern Sterns α_1 als in dem von α_2. Für die Aufnahmen wurde der Millsspektrograph der Licksternwarte benutzt, und die durchschnittliche Dauer der Exponierung betrug für den Stern α_1 24 und für α_2 18 Minuten.

Die spektroskopischen Aufnahmen von α_1 (3.7 Größe) umfassen den Zeitraum vom 18. Oktober 1904 bis zum 15. Mai 1905 und ergeben Schwankungen in der radialen Geschwindigkeit des Sternes, die zwischen + 30.8 und — 35.9 *km* in der Sekunde liegen. Sie genügen indessen für sich allein nicht, um die Periode zu bestimmen; deshalb hat Hebert Curtis die frühern Bestimmungen von Bélopolskys aus den Jahren 1896 bis 1899 hinzugezogen und seiner Berechnung zugrunde gelegt. Diese ergab nunmehr als Periode 2.928 285 Tage, als Exzentrizität der Bahn 0.01, als halbe große Achse den Minimalwert 1 279000 *km* und als Geschwindigkeit, mit der der Schwerpunkt sich bewegt, — 0.98 *km*. Der Stern α_2 (2.7 Größe) wurde von Curtis im Oktober 1904 als spektroskopischer Doppelstern erkannt.[2])

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 98.
[2]) Lick Obs. Bulletin. Nr. 70.

und die Aufnahmen, auf welche seine jetzige Bahnberechnung sich stützt, umfassen den Zeitraum von 1879 November 18 bis 1905 März 5. Als Endresultat fand sich eine Umlaufsdauer von a_2 und des unsichtbaren Begleiters um den beiden gemeinsamen Schwerpunkt von 9.218 826 Tagen, die halbe große Achse im Minimalwert von 1 485 000 *km*, die Exzentrizität der Bahn zu 0.5033, die Bewegung des Schwerpunktes zu + 6.20 *km*.

Die Hoffnung, aus der Kombination der spektrographischen Bestimmungen mit den Beobachtungen der beiden sichtbaren Komponenten a_1 und a_2 des sichtbaren Systems von Castor, einen Wert für die Parallaxe und die Massen desselben abzuleiten, muß zunächst noch aufgegeben werden, da es nicht möglich ist, die Bahnelemente und besonders die Umlaufszeit dieses sichtbaren Systems genau zu bestimmen. Nach den neuesten Berechnungen von Doberck würde diese Umlaufsdauer 347 Jahre betragen. Unter der Annahme, daß diese Rechnung der Wirklichkeit entspricht, findet sich die Parallaxe des Systems zu 0.05″ und seine gesamte Masse zu 12.7 Sonnenmassen, doch sind diese Daten, wie bemerkt, äußerst unsicher. Wir haben, bemerkt Curtis, in Castor zwei Systeme vor uns, deren Dimensionen wahrscheinlich von der nämlichen Größenordnung sind, von denen aber das des hellen Sternes eine Exzentrizität von 0.50 besitzt, während die Bahn des andern fast kreisförmig ist. Diese außerordentliche Verschiedenheit scheint gemäß den heutigen Vorstellungen über die Entwicklung der Sternsysteme darauf hinzudeuten, daß das System des hellern Sternes (a_2) das ältere ist, während das andere im spektroskopischen Sinne, relativ jung erscheint. Anderseits scheint die Masse des Systems von a_1 etwa sechsmal größer als die des andern. So große Exzentrizitäten wie bei a_2 werden im allgemeinen nur bei spektroskopischen Doppelsternen gefunden, deren sichtbare Komponente Helligkeitsveränderungen zeigt.

Nebelflecke.

Merkwürdige Nebelflecke. Prof. M. Wolf macht hierüber folgende Mitteilungen:[1]) „Im vergangenen Jahre fand ich auf zwei mit kleinern Linsen aufgenommenen Platten einen wunderbar schönen und hellen ausgedehnten Nebelfleck, der, soviel ich übersehen kann, bisher unbekannt geblieben war. Er steht zum größten Teile in Canis major, die nördlichen Teile reichen in Monoceros hinüber. Der Nebel wurde mehrfach mit kleinern Apparaten und dann auch mit dem Bruceteleskop aufgenommen. Er umschließt, viele Quadratgrade bedeckend, die folgenden vier Durchmusterungssterne:

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4082.

BD.	Gr.	AR 1855.0	D 1855.0
—11° 1747	7.2m	6h 55m 1.3s	—11° 5.7′
—10 1848	7.3	6 57 33.6	—10 14.4
—12 1771	8.5	6 58 31.9	—12 6.8
—11 1790	5.8	6 59 51.8	—11 4.0

Besonders bei dem nördlichsten und dem südlichsten dieser Sterne ist der Nebel von interessanter Struktur. Den nördlichsten Stern umschließt er in hellen Wolken mit der Zeichnung eines Auges. Die zugehörigen Höhlen schließen sich bei diesen Nebelmassen westlich an. Ich hoffe, an anderer Stelle eine genauere Beschreibung und eine Abbildung bringen zu können.

Einen ebenfalls sehr ausgedehnten, aber diffusen und — wohl wegen der Lichtschwäche — strukturarmen Nebel fand ich mit verschiedenen kleinern Objektiven im Taurus. Er ist mindestens 3° breit und 5° lang, die lange Achse in der Richtung i Tauri auf ξ Persei. Durch eine viele Grade lange Sternhöhle, die sich über τ Tauri nach ξ Persei zieht, ist die Nebelmasse von dem großen Plejadennebel getrennt. Die Mitte der ausgedehnten Wolke kann ganz roh zu

$$AR = 4^h\ 35^m \quad D = +27°$$

angesetzt werden.

Einen dritten ausgedehnten und recht strukturreichen Nebelfleck fand ich an der Grenze von Cassiopeia und Perseus. Er ist auch viele Quadratgrade groß und überdeckt in unregelmäßiger Weise ein Feld von NW nach SO, wobei er mehrere Sterngruppen verbindet, dabei aber vielfach von Kanälen durchzogen wird. Die Mitte der Gegend liegt etwa in $AR = 2^h\ 33^m$ $D = +63°$.

Dieser Nebel ist kompliziert, aber leider auch recht schwach. Doch hoffe ich, eine im Dezember genommene Aufnahme vom Bruceteleskop reproduzieren zu können."

Vermessung der Umgebung des Orionnebels. Dr. B. Meyermann hat die relative Lage der Sterne bis 8.5 Größe im Gebiete des Orionnebels mikrometrisch bestimmt.[1]) Die Tatsache, daß in unmittelbarer Nähe großer Nebel häufig ein auffallender Sternenmangel herrscht, legt die Vermutung nahe, daß dieser Erscheinung ein tieferer ursächlicher Zusammenhang zugrunde liegt. Zur Aufklärung der Frage wird namentlich das Studium der Eigenbewegungen dienen können und hierfür wollte Verf. in bezug auf den Orionnebel einen Beitrag liefern. Da die Lösung der Aufgabe nur von der Beobachtung einer großen Anzahl schwacher über das Nebelgebiet zerstreuter Sterne zu erwarten ist, so wird sich dieselbe schließlich nur durch Ausmessung photographischer Aufnahmen erreichen lassen. Meyermanns Arbeit liegt die Absicht zugrunde, für ein solches Vorhaben eine größere Anzahl von Fixpunkten zu liefern, an welche auf der Platte die schwächern

[1]) Astron. Mitt. d. K. Sternwarte zu Göttingen. 12. Teil. 1906. Abhandlung d. K. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen. N. F. 4. Nr. 5.

Sterne angeschlossen werden können. Eine solche ausgedehnte Vermessung würde, wie er betont, vielleicht schon jetzt einen Überblick geben können über die vorhandenen Eigenbewegungen, denn es existiert bereits eine Vermessung der Sterne bis 15. Größe, die sich über das ganze Gebiet des Nebels erstreckt, von G. P. Bond in den Annalen des Harvard College Observatoriums, Band V. Es finden sich dort von 1101 Sternen die α- und δ-Differenzen gegen den Zentralstern ϑ Orionis. Die Messungen sind angestellt worden in Zonen von je 10′ Breite. Bei feststehendem Refraktor wurden die AR-Differenzen durch die Sterndurchgänge durch feste Fäden, die D-Differenzen durch Schätzen mit Hilfe einer feinen Glasskala im Gesichtsfelde bestimmt. Durch das Zusammensetzen der vielen Zonen leidet zwar die Genauigkeit der schließlich sich ergebenden AR- und D-Differenzen gegen den Zentralstern, doch könnten diese trotzdem schon zu einem gewissen Urteile über Eigenbewegungen führen, wenn sie mit neuen exakten Messungen verglichen würden. Pickering hat in seiner Bearbeitung des Orionnebels (Annl. des Harvard Col. Obs. Bd. 32) dem Verzeichnisse Bonds noch 146 weitere Sterne hinzugefügt, deren Positionen jedoch nicht auf mikrometrischen Messungen beruhen. Bezüglich der Sterne im zentralen Gebiete des Nebels wird erinnert an die Sternverzeichnisse von J. Herschel (Results of astr. obs. made 1834 bis 1838 at the Cape of good Hope, London 1847), Lassell (Mem. of the astr. Society, London XXIII), Liapunow-Struve (Observations de la grande nébuleuse d'Orion, Petersburg 1862).

Wegen der Details der Göttinger Messungen und bezüglich der Ergebnisse muß auf das Original verwiesen werden.

Der Nebelfleck im Schwan N G K 6894. Dieser von J. Herschel und Lord Rosse als ringförmig beschriebene Nebel ist zuerst (1899) von Keeler auf der Licksternwarte photographiert worden. Diese Aufnahme zeigt den Nebel als elliptischen, fast runden Ring mit scharfer äußerer Begrenzung; der große Durchmesser ist 42.5″, der kleine 40.5″. Ein von Rosse entdeckter Stern am innern Rande des Ringes und der zentrale Kern sind deutlich, und von mehrern Stellen gehen nach der Mitte zu kurze, leuchtende Strahlen aus. Diesen Nebel hat Gabriel Tikhoff auf der Sternwarte zu Meudon im Herbste 1900 mit langer Exposition photographiert.[1]) Auf den besten Bildern sieht man einen elliptischen Ring mit einer Verdichtung in der Mitte; der Raum zwischen beiden ist ziemlich hell. Die große Achse hat ziemlich scharfe Enden und mißt 44.8″, die kleine zeigt mehrere ziemlich schwache Anhänge, ohne die sie 37.3″ mißt. Man erkennt deutlich, daß der Nebel aus zwei Ringen besteht, der äußere ist breiter, der innere dünner, die Lücke zwischen den beiden wird nur durch den hellen Stern des Lord Rosse unterbrochen; der äußere

[1]) Compt. rend. **142.** p. 32.

Ring zeigt mehrere Verdichtungen, von denen die zwei größten dem Rosseschen Sterne gegenüber liegen. Allen Beobachtern seit John Herschel war die Ähnlichkeit mit dem Ringnebel der Leier aufgefallen; ohne die zentrale Verdichtung könnte man beide verwechseln. Bei näherer Betrachtung beider Bilder sieht man aber, daß der Nebel des Schwanes sich durch seine Verdichtungen von dem sehr gleichmäßig gebauten Nebel der Leier unterscheidet. Der erstere ist wohl in seiner Entwicklung bereits weiter vorgeschritten als der letztere.

Ein Nebelfleckhaufen im Perseus. Prof. Max Wolf macht hierüber eine interessante Mitteilung.[1]) Er hatte auf verschiedenen mit dem Bruceteleskope des Astrophysikalischen Instituts Königstuhl-Heidelberg aufgenommenen Photographien im Sternbilde des Perseus eine starke Zunahme der kleinen Nebelflecke festgestellt. Deshalb hat er in zwei Gegenden, nämlich um β Persei und um den Ort der Nova Persei herum, die Nebelflecke genau verglichen und angezeichnet, so daß er ein Urteil über deren Verteilung gewann. Es fand sich, daß, obwohl auf den Platten kleine Nebelflecke fast überall verstreut zu finden sind, diese doch an einer Stelle zu einem dichten Haufen zusammengedrängt erscheinen. Hauptsächlich zwei Bänder von Nebelflecken durchziehen langhin diese Gegend, und wo sie einander am nächsten kommen, vereinigen sie sich zu einem Haufen von sehr großer Nebelanzahl. Die Mitte dieses Haufens liegt in A R $3^h\ 10.0^m$ D $+ 40°\ 46'$ (1855.0). „Um diese Gegend", sagt Prof. Wolf, „stehen die Nebelflecken sehr dicht. Ich habe nur die auffallendsten Objekte angezeichnet und in einem Quadratgrade abgezählt. Ich finde um den angegebenen Punkt die folgende Verteilung:

5	3	1	2	2
6	5	15	10	6
8	5	17	11	13
6	7	5	1	7
0	0	4	6	3

wo jede Zahl angibt, wie viele Nebel auf ein Quadrat von 12 Bogenminuten Seitenlänge kommen. Dieser Quadratgrad enthält also 148 auffallende Nebelflecken.

Die Form der kleinen Nebel wechselt zumeist zwischen „rund, mit zentraler Verdichtung" und „Form des Andromedanebels." Letztere Gestalt findet sich recht oft, besonders in größerm Abstande vom Haufen.

Die Gegend ist schon früher eifrig auf Nebelflecken mit dem Auge untersucht worden. In dem bezeichneten Quadratgrade und seiner nächsten Umgebung zählen der New General Catalogue und der Index Catalogue von Dreyer 30 Nebelflecken, die hauptsächlich von D'Arrest und Bigourdan aufgefunden sind. Auch Swift hat in dieser Gegend mehrere Nebel entdeckt."

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4069.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Gestalt und Größe der Erde. Die zahlreichen Pendelbestimmungen der Neuzeit hat Prof. F. R. Helmert schon vor Jahren zu einer Neuberechnung der Abplattung der Erde benutzt und 1901 der Preuß. Akademie der Wissenschaften als Ergebnis derselben mitgeteilt, daß für die Abplattung der Erde aus den Messungsergebnissen der Schwerkraft $\frac{1}{298.3}$ anzusetzen sei. Dieses Resultat muß also zurzeit als das genaueste aus den Beobachtungen direkt abgeleitete, angesehen werden. Prof. Helmert hat nun unter Zugrundelegung dieser Ermittlung neue Berechnungen des Radius des Äquators ausführen lassen, und die ersten Ergebnisse der K. Preuß. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.[1]) Es wurde dabei aus praktischen Gründen der Besselsche Abplattungswert $\frac{1}{299.15}$ beibehalten, weil er von dem obigen nur innerhalb der mittlern Fehlergrenzen abweicht. Das Prinzip dieser Untersuchungen ist also das gleiche, welches Klein vor 30 Jahren zuerst rechnerisch angewendet hat, nämlich: Annahme des Abplattungswertes gemäß den Schweremessungen, Berechnung der Größe des Halbmessers des Äquators der Erde aus den Gradmessungen bei Voraussetzung, daß die Erde nahezu die Gestalt eines abgeplatteten Umdrehungsellipsoids besitzt. Natürlich sind die Unterlagen, welche Geh.-Rat Helmert jetzt benutzte, weit ausgedehnter, und Kleins frühere Arbeit hat daneben nur geschichtliches Interesse. Es sind die Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen, die Prof. Helmert jetzt mitteilt, wobei er sich zunächst auf die einzelnen großen Gradmessungen beschränkt. Sie führen, um dieses Ergebnis gleich vorweg zu nehmen, ebenfalls auf eine Vergrößerung des von Bessel gefundenen Wertes für den Halbmesser des Äquators, und zwar im Betrage von etwa 750 *m*. Die Rechnungen sind zum größten Teile von Prof. Dr. Schumann

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1906. **28**. p. 525.

(Aachen) ausgeführt worden. In erster Linie beziehen sie sich auf die große russisch-skandinavische Breitengradmessung, welche in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf Anregung und unter Mitwirkung von F. G. W. Struve ausgeführt worden ist. Die Rechnung von Prof. Schumann ergibt, daß diese Gradmessung eine Vergrößerung des Besselschen Äquatorialradius der Erde um 1058 *m* fordert. „Günstig,“ sagt Prof. Helmert, „für die Krümmung des russisch-skandinavischen Meridianstreifens ist ohne Zweifel der Umstand, daß er sich durchaus in ebenen Gegenden fern von Gebirgen hält, und daß auch das an das nördliche Bogenende angrenzende Eismeer auf mehrere hundert Kilometer Entfernung nur die geringe Tiefe von etwa 300 *m* aufweist.“

„Zerlegt,“ fährt Prof. Helmert fort, „der russisch-skandinavische Meridianbogen das europäische Festland in zwei Teile von annähernd gleicher Ausdehnung in geographischer Länge, so hat der bekannte große westeuropäische Bogen nahe dem Pariser Meridian mit seinen Verlängerungen nach Norden durch England und Schottland bis zu den Shetlandsinseln und nach Süden durch Spanien und Algerien, eine wesentlich andere Lage, indem er sich dem westlichen Abfalle der kontinentalen Küste am Atlantischen Ozeane auf 100 bis 1000 *km* (sehr wechselnd) nähert. Auch hat die physische Erdoberfläche im Gebiete dieses Bogens eine weit weniger günstige Gestaltung, namentlich in der südlichen Hälfte, infolgedessen auch der Anschluß der berechneten an die beobachteten ungünstiger ausfällt. Die Messungen für diesen gegenwärtig auf 27° Amplitude (von 33° 48′ bis 60° 50′) ausgedehnten Bogen erstrecken sich über mehr als ein Jahrhundert bis zur Gegenwart.“

Bei der Berechnung wurde sowohl der ganze Streifen behandelt, wie auch der nördliche und südliche Teil der Gradmessung einzeln. Das Ganze lieferte eine Vergrößerung des Äquatorhalbmessers der Erde um 538 *m* gegen Bessels Resultat. Der nördliche Teil ergab eine solche von 788 *m*, der südliche von 145 *m*. Hiernach besitzen die beiden Teile einen beträchtlichen Unterschied im mittlern Krümmungsradius, nämlich 643 *m*, dessen mittlerer Fehler aber rund ± 500 *m* ist. Die Realität der Bestimmung ist also nicht besonders sicher.

Dem ebenerwähnten großen Unterschiede entspricht nun auch eine stark abweichende Sonderabplattung des Streifens. Prof. Helmert findet diese 1 : 281.4. Der stark vergrößerten Abplattung entsprechend ergibt sich für den Äquatorialradius ein Zuwachs von 1078 *m* gegen Bessel.

„Vergleicht man,“ sagt Prof. Helmert, „die Ergebnisse (für die Vergrößerung des Äquatorialhalbmessers der Erde) des russisch-skandinavischen Meridianbogens und des westeuropäisch-afrikanischen Meridianstreifens miteinander, so fällt der große Unterschied auf: 1058 gegen 538, der die rechnungsmäßige Unsicherheit von rund

$\pm$ 200 *m* erheblich überschreitet und einen wirklichen Unterschied in der mittlern Krümmung der betreffenden meridionalen Gebiete darstellen dürfte. Der Unterschied von 520 *m* verliert allerdings etwas von seinem überraschenden Charakter, wenn man bedenkt, daß schon der westliche Streifen in sich einen Unterschied von noch größerm Betrage zwischen der nördlichen und südlichen Hälfte aufweist.

„Es handelt sich hier um Einflüsse geotektonischer Massenstörungen kontinentalen Charakters; schon 1889 wurde eine solche durch die Berechnung der geodätischen Verbindung beider Meridianbogen erkannt, welche die beiden Börsch, Vater und Sohn, im Zentralbureau der Internationalen Erdmessung ausführten, wobei sich zeigte, daß der russische Bogen lauter positive Lotabweichungen erhält, wenn man vom englisch-französischen Bogen (in der ältern Ausdehnung) ausgeht. Dies konnte ich damals (1890) so deuten, daß von der kontinentalen Masse Europas ein gewisser kleiner Teil nicht von der unterirdischen Kompensation, die die „Gleichgewichtstheorie" der Erdkruste voraussetzt, betroffen wird und also zur Wirkung gelangt. Die Variation (der Vergrößerung des Erdradius) längs eines Streifens, der der Küste überall ungefähr gleich naheliegt wie in Westeuropa-Nordafrika, zeigt aber, daß Massenstörungen gleichen Betrages wie jene Kompensationsmängel doch auch noch auf andere Art entstanden sein mögen. Zu einer Untersuchung derselben auf Grund der Schwerestörungen fehlt es an Material; ausgedehnte regionale Anomalien (die schon bei geringem Betrage für die Figur der Erde bedeutungsvoll sind) können nicht ohne eingehende Untersuchungen von den lokalen und wenig ausgedehnten Anomalien regionalen Charakters getrennt werden.

„Von großem Interesse ist nun die Betrachtung der Ergebnisse der ausgedehnten europäischen Längengradmessung in 52° Breite. Sie umfaßt beinahe 69 Längengrade, was etwa 42 Breitengraden entspricht. Da das von dieser Messung berührte Gebiet, mit Ausnahme der deutschen Mittelgebirge und der Gegenden in Wales und Südwestirland, als nahezu eben anzusehen ist, so müßte man interessante Aufschlüsse erwarten. Leider ist die Genauigkeit der östlichen Hälfte der Vermessung nicht befriedigend.

„Auch die europäische Längengradmessung in 52° Breite wurde auf Anregung von W. Struve unternommen; da er aber zu dieser Zeit, im Jahre 1857, schon hoch betagt war, mußte er das weitere Betreiben der Sache seinem Sohne Otto Struve überlassen, dem es auch gelang, die Regierungen der in Betracht kommenden Länder zur Ausführung der erforderlichen Arbeiten zu bewegen. In Preußen übernahm General Baeyer die Vermessung. Der ganze westliche Teil von Irland bis Warschau wurde im Zentralbureau zusammenfassend bearbeitet."

Der gesamte Bogen ergibt schließlich eine Vergrößerung des

Besselschen Äquatorhalbmessers um etwa 660 *m*, der westliche Teil für sich eine solche um 475 *m*, der östliche eine solche um 1236 *m*, doch ist letzterer Wert recht unsicher. Die in Rede stehende Längengradmessung bildet den Anfang einer solchen, die sich durch ganz Europa erstrecken sollte, von der aber der westliche Teil noch verschiedene Lücken aufweist.

Über die Messungen in Nordamerika und Indien, wo auch noch ausgedehnte Bogen vorliegen, gedenkt Prof. Helmert demnächst weitere Mitteilungen zu machen.

Die neuern Arbeiten auf dem Gebiete der Erdmessung stellt Prof. A. Galle[1]) in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin dar. „Der Meridian von Ferro, den die K. Preußische Landesaufnahme noch beibehalten hat, ist bekanntlich nichts anderes als der 20° westlich von Paris liegende Meridian. Deshalb kommt der Längendifferenz Paris-Greenwich eine besondere Bedeutung zu. Außer 1872 sind 1888, 1892 und 1902 von französischen und englischen Beobachtern gleichzeitige Messungen dieser Längendifferenz unternommen worden, deren öftere Wiederholung in nicht sicher aufgeklärten Mißstimmigkeiten ihren Grund hatte. Eine indirekte Bestätigung der letzten Ergebnisse wurde 1903 durch das Geodätische Institut herbeigeführt, indem Greenwich-Potsdam bestimmt wurde, während Paris-Berlin und Berlin-Potsdam bereits früher ermittelt worden sind.

Bis 1885 hat man, abgesehen von gelegentlich geäußerten Zweifeln, die Drehachse im Erdkörper als fest angesehen, bis Prof. Küstner periodische Veränderlichkeit derselben erkannte, die eine Änderung der geographischen Breiten und der Meridianebenen, also auch der Längen und Nordrichtungen zur Folge hat.

Der Erdball mit den ihm aufgesetzt zu denkenden Lotrichtungen verschiebt sich so, daß sein, sagen wir kurz, geometrischer Pol von dem durch die Drehachse bestimmten Drehpol abweicht. Infolgedessen kann die Wirkung bei der Beobachtung in einem Orte ebenso gut als eine Verschiebung des Scheitelpunktes aufgefaßt werden. Der wirkliche Sachverhalt konnte erst durch Beobachtungen auf der durch den Pol getrennten Hälfte des Meridians festgestellt werden, indem einer Vergrößerung des Winkels zwischen Lotlinie und Drehachse auf der einen Station eine Verkleinerung desselben auf der andern entsprechen mußte. Diese Tatsache zeigten in der Tat die Beobachtungen von Marcuse in Honolulu, verglichen mit denen in Potsdam.

In der Regel sieht man nicht die Richtung der Drehachse als fest an, sondern man betrachtet auf der Erdoberfläche die Bahn, welche der Drehpol um seine mittlere Lage oder nahezu um den

---

[1]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906. p. 39.

geometrischen Pol beschreibt, wobei der Maximalausschlag etwa $^1/_4$ Bogensekunde oder in linearem Maße 8 *m* beträgt.

Die Änderung der Breite eines Ortes ist dann abhängig von dem Orte des Momentanpoles in seiner Bahn oder also von seinen Koordinaten. Der Betrag der Breitenänderung auf verschiedenen Stationen ist zu derselben Zeit von der geographischen Länge der Orte abhängig. Nun hat der japanische Beobachter Kimura gezeigt, daß auf den sechs in 39° nördl. Br. eingerichteten internationalen Stationen ein Teil der Breitenänderung (etwa bis $^1/_{15}$ Sekunde) mit jährlicher Periode von der Länge der Stationen unabhängig ist. Dieser Teil kann also nicht von der Veränderung der Richtung der Drehachse im Erdkörper herrühren; vielmehr würde sich eine derartige Erscheinung zeigen, wenn der Punkt, in dem wir uns zur Vereinfachung der Vorstellung die Lotlinien des Breitenparallels auf der Erdachse zusammenlaufend denken wollen, in der Erdachse sich während eines Jahres etwas hin und her verschöbe. An eine merkbare Verschiebung des Erdschwerpunktes etwa infolge von Ansammlung und Abschmelzen von Eismassen in der Umgebung der Pole ist überhaupt nicht zu denken. Aber auch bezüglich anderer vermuteter Ursachen wird sich keine Entscheidung treffen lassen, bevor nicht Beobachtungen aus andern Breiten vorliegen. Um festzustellen, ob die von Kimura bemerkte Veränderung von der Breite der Stationen abhängig ist, sollen deshalb im Jahre 1906 noch in 31° südl. Br. bei Cordoba in Argentinien und bei Perth in Australien Beobachtungsreihen begonnen werden.

Inzwischen ist doch die Frage der Veränderlichkeit der Lotlinien in den Vordergrund gerückt. Auf ihre Untersuchung zielt eine Einrichtung ab, welche nach dem Vorschlage von Abbe auf der Jenenser Universitätssternwarte begonnen wurde. Sie besteht aus einem im Erdboden festen Zenitfernrohre, welches die Änderung der Lotrichtung gegen eine durch die Sterne festgelegte Richtung angibt, und aus einem Ölhorizonte, welcher dazu dient, die Änderung der Lotrichtung gegen die Erdkruste zu erkennen.

Dieselbe Sternwarte hat auch die genauere Untersuchung der von glaubwürdigen Zeugen behaupteten Veränderung des Horizonts auf einer Anzahl von Aussichtspunkten in Thüringen übernommen, welche durch Bodenhebungen und -senkungen erklärt wird. Durch photographische Fernaufnahmen, die öfter wiederholt werden, soll festgestellt werden, ob hierzu in der Tat ein Grund vorliegt, oder ob sich eine einfachere Erklärung finden läßt.

Dem gleichen Zwecke, Hebungen und Senkungen der Erdscholle zu studieren, dient die fortlaufende Untersuchung des Plateaus des Telegraphenberges bei Potsdam, teils durch die 1894 eingerichtete hydrostatische Nivellementsanlage, die dasselbe in ungefähr 900 *m* Länge umschließt, teils durch häufig wiederholte Feinnivellements. Zwei in einer Tiefe von 25 *m* in einem Brunnenschachte aufgestellte

selbstregistrierende Horizontalpendel sind ebenfalls dazu bestimmt, die langsamen Bewegungen der Erdscholle auf dem Telegraphenberge anzuzeigen.

Die Lotlinien bilden auch die Grundlage für die Definition der Figur der Erde. Als Geoid wird diejenige alle Lotlinien senkrecht durchschneidende Fläche oder diejenige Niveaufläche angesehen, von der ein Teil mit der Meeresoberfläche zusammenfällt, sofern man von den Gleichgewichtsstörungen des Meeresspiegels absieht.

Daß das Geoid sich im allgemeinen nicht sehr von einem Rotationsellipsoid unterscheidet, folgt zunächst aus theoretischen Gründen. Aber die Annahme eines solchen Ellipsoids mit bestimmten Dimensionen, etwa nach Bessel oder nach Clarke, hat sich auch praktisch für die Zwecke der Landesvermessungen als ausreichend erwiesen.

Die Bearbeitung der europäischen Längengradmessung in 52° Breite hat gezeigt, daß für Europa das Besselsche Ellipsoid sich am besten anschmiegt. Nach den Ergebnissen des östlichen schiefen Gradbogens in Nordamerika von $23^1/_2$° oder 2600 *km* Längenausdehnung hat man für dieses Land die Dimensionen von Clarke (1866) bevorzugt obgleich der Wert der Abplattung wesentlich zu klein (1 : 304) gefunden wurde.

Aus diesen Bemerkungen geht hervor, daß sich die verschiedenen Teile der Erde in bezug auf ihre Krümmung verschieden verhalten; aber auch andere Abweichungen von der regelmäßigen Gestalt eines Ellipsoids sind vorhanden, wie z. B. die Verbindung des französisch-englischen und des russisch-skandinavischen Meridianbogens durch die erwähnte Längengradmessung in 52° Breite auf Grund der Clarkeschen Elemente eine windschiefe Verdrehung der beiden Meridiane um etwa 5″ gegeneinander hat erkennen lassen.

Von diesem Gesichtspunkte hauptsächlich, die Abweichungen des Geoids von einem Ellipsoide zu bestimmen, mehr noch als für die Ermittlung der Dimensionen eines solchen, sind zwei große Meridianbogenmessungen von Bedeutung, deren eine in Spitzbergen 1898 bis 1902 unter der Ägide der russischen und schwedischen Akademien vollendet wurde, während die andere, französische, die Neumessung und Erweiterung auf fast 6° des von Condamine und Bouguer im 18. Jahrhunderte gemessenen Meridians bei Quito bezweckt.

Das großartige Unternehmen von Sir David Gill, den 30. Meridian in Afrika bis zur Verbindung mit dem russischen Meridian zu messen, macht weitere Fortschritte, nachdem vom Kap her ein Anschluß gewonnen ist, und die Messungen in Transvaal vorbereitet sind. In Rhodesia sind vier Breitengrade im wesentlichen vollendet. Für die Fortsetzung der Messungen durch den Kongostaat und Deutsch-Ostafrika sind Verhandlungen bereits im Gange.

Fügen wir noch den 98. Meridian in Nordamerika und die bereits vorher vollendete Längengradmessung in 39° Breite hinzu,

so sehen wir überall eine lebhafte Tätigkeit, deren Ergebnisse in absehbarer Zeit über die kontinentalen Abweichungen des Geoids Aufschlüsse bringen werden."

Von Konstruktionen des Geoids auf beschränktem Gebiete, bei denen das zugrunde liegende Ellipsoid als Vergleichsfläche (Referenzellipsoid) dient, erwähnt Prof. Galle folgendes. In den Vereinigten Staaten hat man einen im Schnitte des 39. Parallels und 98. Meridians gelegenen Punkte als Anfangspunkt gewählt, durch den man das Ellipsoid hindurchgehend denkt. Dieser Punkt ist so bestimmt, daß die von ihm aus gerechneten relativen Lotabweichungen des ganzen Gebietes in Summa nahezu gleich Null werden. Hier wie auch früher in der Schweiz hat sich nun gezeigt, daß sich die natürlichen Unebenheiten der Erdoberfläche im allgemeinen als Verbiegungen des Geoids in verkleinertem Maßstabe widerspiegeln. Geoidprofile lassen sich am leichtesten in der Meridianrichtung erhalten, weil unter den astronomischen Beobachtungen die Breitenbestimmungen am einfachsten angestellt werden können. Solche Messungen längs eines Meridians, die Geheimrat Helmert als astronomische Nivellements eingeführt und bezeichnet hat, sind auch bei den Gradmessungen in Spitzbergen und Quito ausgeführt worden.

Von den Arbeiten der einzelnen Landesvermessungen wird folgendes hervorgehoben:

„Im europäischen Rußland stand der praktischen Verwertung der über das ganze Land ausgedehnten Messungen bisher der Umstand entgegen, daß ihnen ein genügender Zusammenhang fehlte. Deshalb hat man damit begonnen, auf Grundlage des Besselschen Ellipsoids die Ergebnisse einheitlich zu bearbeiten.

Besondere Verhältnisse bei den Messungen selbst haben in den Vereinigten Staaten vorgelegen, wo in den Gebirgsgegenden bei der Messung des 39. Parallels ganz ungewöhnlich große Dreiecke mit Seitenlängen bis 300 *km* notwendig wurden. Die Preußische Landesaufnahme hat entgegengesetzte Schwierigkeiten bei der Neuaufnahme von Ost- und Westpreußen gehabt, die durch den Verlust vieler Punkte der alten Messungen notwendig wurde. In den sehr ebenen und bewaldeten Gegenden gelang es nur durch die Konstruktion außerordentlich hoher Holzsignale, bis zu 37 *m* Beobachtungs- und 51 *m* Leuchthöhe günstig geformte Dreiecke mit 40 bis 50 *km* langen Seiten zu erhalten.

Ein bemerkenswerter Fortschritt ist auf dem Gebiete der linearen Längenmessungen durch die Erprobung und Einführung von Drahtmessungen zu verzeichnen, die bei verschiedenen großen Unternehmungen schon Anwendung gefunden haben, so in Afrika und am Äquator bei den bereits erwähnten. Der Vorteil der von Prof. Jäderin in Stockholm um 1885 eingeführten Methode liegt hauptsächlich in der Ersparnis von Zeit und Beobachtern gegenüber der Messung mit Basisapparaten. Während aber anfangs die Temperatur-

messung nach dem Prinzip des Metallthermometers die Anwendung zweier Drähte von möglichst verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten nacheinander erforderte, ist es neuerdings gelungen, Drähte aus einer Nickel-Stahllegierung herzustellen, deren Ausdehnungskoeffizient nahezu verschwindend ist, und die deshalb mit dem Namen „Invar" bezeichnet wird.

Im Jahre 1903 hat Borras die Basis von Schubin in Westpreußen gleichzeitig mit der Landesaufnahme, die den Besselschen Apparat benutzte, mit Drähten gemessen. Das Ergebnis war recht befriedigend, indem die 5 *km* lange Basis mit $\pm$ 4 *mm* mittlerm Fehler gemessen wurde.

Es wurde bereits erwähnt, daß das Geoid eine Niveaufläche, also auch eine Fläche konstanten Potentials ist. Wird der mathematische Ausdruck des Potentials in eine Reihe nach Kugelfunktionen entwickelt, so erhielt Helmert bei Beschränkung auf die Glieder zweiten und gewisse Glieder vierten Ranges und unter der Annahme, daß die Trägheitsmomente in der Äquatorebene gleich sind, den Ausdruck U einer Rotationsfläche, die mit dem Namen Sphäroid bezeichnet wird und als Normalform des Geoids angesehen werden kann. Diese Fläche unterscheidet sich nicht sehr von einem Ellipsoid.

Aus dem Ausdrucke U läßt sich nun der Wert g der Schwerkraft ableiten, indem er der differentiellen Änderung von U dividiert durch den Abstand in der Lotrichtung oder in erster Näherung durch die Entfernungsänderung vom Schwerpunkte gleich ist. Um die numerischen Werte der Koeffizienten zu erhalten, muß g in einer entsprechenden Form aus den Beobachtungen dargestellt werden.

Eine solche Formel

$$g = 978.046\ cm\ (1 + 0.005\,302 \cdot \sin^2 B - 0.000\,007 \cdot \sin^2 2\ B)$$

ist aber für die Meeresfläche aus den Beobachtungen der Schwerkraft von Helmert abgeleitet worden, wobei der Koeffizient von $\sin^2 2B$ nach theoretischen Untersuchungen von Darwin und Wiechert angenommen ist. Bei dieser neuesten Ableitung sind die Festlands- und Küstenwerte gesondert behandelt worden, und es hat sich dabei das bemerkenswerte Resultat ergeben, daß die Abhängigkeit von der geographischen Breite B aus beiden Reihen dieselbe war.

Die Beobachtungen mußten hierbei zunächst auf das Meeresniveau (durch die Höhenreduktion) reduziert werden und sind auf das Wiener System (v. Oppolzers Wert für das Militär-geographische Institut) bezogen worden. Denn da fast sämtliche Schwerkraftsmessungen relativ sind und an verschiedene absolute Bestimmungen der Länge des Sekundenpendels angeschlossen wurden, so war es nötig, auch diese absoluten Messungen untereinander zu vergleichen, um alle auf dieselbe Länge des Sekundenpendels zu beziehen. Dies ist in neuester Zeit in fast allen Ländern geschehen, und es hat sich dabei eine gute Übereinstimmung gezeigt.

Die Bestimmung der Gestalt des Sphäroids ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil aus der Berechnung der Meridiankurve desselben ein Wert der Abplattung (1 : 298.3) erhalten werden kann. Da die Pendelbeobachtungen leicht vermehrt und besser über die Erdoberfläche verteilt werden können, als andere Messungen, so ist diese Abplattungsbestimmung derjenigen aus Gradmessungen vorzuziehen.

Die Vergleichung der nach der angegebenen Formel berechneten Schwerkraft und der tatsächlich beobachteten ist aber anderseits wichtig für unsere Kenntnis von der Massenverteilung in der Erde und berührt überhaupt geologische Interessen.

Zum Zwecke dieser Vergleichung muß von der beobachteten Schwerkraft derjenige Teil abgezogen werden, der von der Anziehung der zwischen dem Meeresniveau und der Beobachtungsstation befindlichen Massen herrührt, um nur den andern Teil übrig zu behalten, der von den dem Sphäroide angehörenden Massen ausgeht.

Die Abweichungen zwischen beobachteter und berechneter Schwere sind ein Maß für die Abweichungen des Geoids von seiner Normalform, dem Sphäroide. Um sie anschaulich zu machen, ist der Begriff der ideellen störenden Schichten im Meeresniveau von Nutzen.

Wenn nämlich diese Abweichungen in Anomalien der Massenverteilung ihren Grund haben müssen, so läßt sich doch nicht ohne weiteres entscheiden, in welcher Tiefe diese Massenanhäufungen oder -defekte sich befinden, da eine größere Masse in größerer Tiefe denselben Einfluß haben kann, wie eine geringere in kleinerer Entfernung unter dem Meeresniveau.

Eine Annahme darüber wird umgangen, wenn man die Masse (unter Voraussetzung einer bestimmten Dichtigkeit derselben, z. B. der mittlern Dichte der Erdoberfläche) im Meeresniveau gelegen oder, richtiger ausgedrückt, auf das Meeresniveau kondensiert denkt (ähnlich wie elektrische Massenbelegung). In graphischer Darstellung kann man die Massen nach beiden Seiten von der durch eine gerade Linie dargestellten Meeresfläche zu gleichen Teilen auftragen und etwa durch Schraffierung als positive oder negative kenntlich machen.

Durch Vergleichung der Messungen längs eines Meridians mit den im selben Meridiane beobachteten Lotabweichungen kann man eine vollständig unabhängige Bestätigung der Massenverteilung erhalten, wie dies bei den Messungen längs der Meridiane Schneekoppe-Kolberg und Elsterwerda-Arkona von seiten des Geodätischen Institutes der Fall war.

Die große Ausbreitung der Schwerkraftsbestimmungen ist der Methode v. Sternecks mit invariabeln Halbsekundenpendeln zu danken. "

Schließlich gedenkt Prof. Galle der Schwerkraftsbestimmungen von Hecker auf dem Atlantischen Ozeane. Sie ergaben, daß die In-

tensität der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane nahezu normal ist, indem sie der Helmertschen Schwereformel sehr gut entsprach. Dadurch wird die Hypothese von Pratt von der isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste bestätigt. Wie die äußern Kontinentalmassen annähernd durch Massendefekte in der Tiefe kompensiert sind, so tritt auf der Tiefsee eine Kompensation durch eine größere Dichtigkeit des Meeresbodens ein, die man sich nach Faye etwa durch stärkere Abkühlung durch das Meereswasser, als den in gleicher Tiefe liegenden Erdschichten von bedeutend höherer Temperatur erklären kann.

Eine graphische Darstellung der täglichen Bestrahlung der Erde durch die Sonne in verschiedenen Monaten und Breiten hat S. Zöllner gegeben.[1]) Diese Bestrahlung wurde u. a. von Lambert, Meech und Wiener theoretisch behandelt, und von diesen hat insbesondere der letztere eine ziemlich erschöpfende, und zwar rein mathematische Bearbeitung des Gegenstandes geliefert. Bei ihm findet sich auch eine graphische Darstellung der Stärke der täglichen Insolation, jedoch nur für einige spezielle Fälle, durchgeführt. Nun erkennt man hieraus zwar den Verlauf der Intensität während eines Tages, es dürfte aber doch Vorteile bieten, wenn man gleichzeitig auch die Änderungen der Stärke und Dauer der Bestrahlung mit wechselnder Breite und zu verschiedenen Jahreszeiten während einiger aufeinanderfolgender Tage übersehen könnte.

Zöllner hat deshalb eine ausgedehntere graphische Darstellung geliefert, die geeignet ist, einen raschen Überblick über alle in Betracht kommenden Verhältnisse zu gewähren.

Die einzelne Tageskurve entsteht dadurch, daß die Stunden als Abszissen und die zugehörigen Werte der Intensitäten als Ordinaten abgetragen werden. Hierbei ist die Intensität I_0 bei senkrechtem Auffalle der Strahlen gleich 1 gesetzt und hierfür eine passende Länge willkürlich gewählt. Die Stärke der Bestrahlung, die ein horizontales Flächenstück bei schräg auffallenden Strahlen erfährt, ist dann proportional dem Kosinus des Einfallswinkels ε, der mit der Zenitdistanz der Sonne übereinstimmt.

Die Tageskurven sind für ein Halbjahr der nördlichen Hemisphäre gezeichnet, für geographische Breiten, die vom Pole bis zum Äquator von 15 zu 15° fortschreiten, wobei die Wendekreise noch besonders eingefügt sind. Es sind immer drei aufeinanderfolgende Tage der Monate Januar bis Juni gewählt, um die Dauer der Unterbrechung erkennbar zu machen, und zwar gerade der 20., 21. und 22. eines jeden Monates, um in die gleichweit abstehenden Gruppen auch Äquinoktium und Solstitium einreihen zu können., Für das zweite Halbjahr und die südliche Hemisphäre würden sich — abgesehen von geringern Änderungen, die durch die hier nicht be-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1906. p. 92.

rücksichtigte elliptische Gestalt der Erdbahn bedingt wären — dieselben Kurven, nur in umgekehrter Reihenfolge, ergeben.

„Man übersieht bei dieser Art der Darstellung zunächst, wie bedeutend die Schwankungen in Dauer und Intensität der Bestrahlung in polaren Breiten, wie gering sie dagegen in der Nähe des Äquators, sind. Am Äquator selbst dauert die Insolation beständig zwölf Stunden, die größte Schwankung beträgt nur $^1/_{10}$ der ganzen Intensität.

Im Winter nimmt die Intensität und Dauer vom Äquator gegen den Pol hin rasch ab. Das Maximum $I = 1$ liegt noch südlich des Äquators, und zwar jeweils in derjenigen Breite, für die $\beta - \delta$ (geogr. Breite minus Deklination der Sonne) $= 0$. Der Wert $I = 0$ am Mittag tritt jedesmal in der Breite ein, wo $\beta - \delta = {}^1/_2\,\pi$.

Zur Zeit des Äquinoktiums ist die Bestrahlungsdauer für die ganze Erde zwölf Stunden geworden, die Intensität durchläuft vom Pole zum Äquator alle Werte von 0 bis 1.

Nach dem Frühlingsäquinoktium nimmt die Dauer der Insolation gegen die nördlichen Breiten hin beträchtlich zu, erreicht den Grenzwert 24 Stunden, wenn $\varphi = 90 - \delta$; in den höhern Breiten ist sie $> 24^h$.

Beim Sommersolstitium endlich hat das Maximum sich bis zum Wendekreise verschoben. Die Dauer hat bereits beim Polarkreise den Wert 24^h erreicht. Am Pole beträgt die Intensität $^4/_{10}$; er erhält an diesem Tage die größte Strahlensumme auf der ganzen Erde.

Diese eben erwähnten Strahlensummen, die ein Punkt während eines Tages empfängt, sind repräsentiert durch die Flächen zwischen Kurve und Abszissenachse.

Bei der ganzen Betrachtung sind wie bei den Arbeiten der oben erwähnten Forscher nur die Verhältnisse des sogenannten solaren Klimas behandelt. Der Einfluß der Atmosphäre, der ellipsoidischen Gestalt der Erde und der Elliptizität der Erdbahn ist hier vernachlässigt. Die relativ geringen Änderungen, die sich aus der Berücksichtigung dieser Faktoren ergeben würden, wären ohne große Schwierigkeiten zu berechnen und in die Zeichnung einzufügen, aber abgesehen von einigen extremen Fällen würden die dadurch eintretenden Änderungen kaum merklich hervortreten. Ebenso könnte man aber auch die Ausstrahlung nach dem Weltraume, sowie die andern Elemente, welche eine Wärmeentziehung bewirken, in Betracht ziehen. Würde man die Größe der Ausstrahlung als negative Koordinate auftragen, so ergäbe sich eine für das ganze Jahr kontinuierliche Kurve, und die Fläche zwischen dieser Kurve und der Abszissenachse würde dann die abgegebene Wärmemenge darstellen. Die Summe der jährlichen Ein- und Ausstrahlung ist für die ganze Erde gleich Null. Die entsprechenden Flächen wären also inhaltsgleich. Nun gibt es aber Breiten mit überwiegender jährlicher Einstrahlung und solche mit überwiegender jährlicher Ausstrahlung,

dazwischen Linien gleicher Ein- und Ausstrahlung. Es gibt ferner, wenigstens in gemäßigten Breiten, eine Jahreszeit, in der die Einstrahlung, und eine solche, in der die Ausstrahlung überwiegt.

Es würde sich also auch für jeden einzelnen Tag je nach Breite und Jahreszeit ein Überschuß an Ein- oder Ausstrahlung ergeben, dem in der graphischen Darstellung eine positive oder negative Differenz der Flächen entspräche. Für einige Tage würde diese Differenz Null werden, nämlich für die, welche zwischen den Zeiten überwiegender Ein- und Ausstrahlung liegen."

Eine neue Untersuchung über Polhöhenschwankungen veröffentlicht Prof. Dr. R. Schumann.[1]) Er äußert sich in dieser Arbeit folgendermaßen:

„Bei der unter dem Namen „Polhöhenschwankung" bekannten Erscheinung sind bisher hauptsächlich zwei Perioden hervorgetreten, eine von jährlicher und eine von etwas mehr als 14 monatlicher Dauer; außerdem scheint ein Zyklus von rund sechs Jahren zu bestehen. Für die Dauer der an zweiter Stelle genannten Periode gelten im besonderen die Werte nach Chandler 427 Tage, nach Bakhuyzen 431 Tage. In jüngster Zeit hat Kimura den Wert 437 Tage dafür abgeleitet. Aus theoretischen Untersuchungen fand Sir William Thomson 441 Tage.

Mit diesen zwei Perioden lassen sich die Schwankungen der Polhöhe leidlich interpolatorisch darstellen. Es ist aber sicher erkannt worden, daß systematische Abweichungen und Mißstimmigkeiten auftreten, die mit der Beobachtungsgenauigkeit nicht verträglich sind.

Ferner ist aus anderweiten, nicht ausschließlich zur Bestimmung der Schwankungen unternommenen Reihen bekannt:

1. daß bisweilen die Polhöhen aus verschiedenen Zeiten zu sehr voneinander abweichen, auch nach der Reduktion wegen der Schwankung;

2. daß bei den Bestimmungen der Aberrationskonstanten, die auf der Annahme der Konstanz der Polhöhe und der Lotlinie beruhen, sich Unterschiede von rund 0.5″ ergeben, während die beigeschriebenen Unsicherheitsgrenzen nur solche von einigen 0.01″ zulassen.

Die Ursache solcher Mißstimmigkeiten ist bisher weniger in Eigenheiten der Polhöhenschwankung selbst gesucht worden, als in meteorologischen Vorgängen, anomaler Refraktion, die einer gesetzmäßigen Veränderlichkeit unterworfen sein müsse, in Mängeln der Methoden und der Instrumente."

Die Untersuchungen von Prof. Schumann beziehen sich nun auf solche, dann gibt er systematische Abweichungen, Mißstimmigkeiten und Periodizitäten, ferner eine besondere Untersuchung über die

---

[1]) Astron. Abhandlungen als Ergänzungshefte zu den Astron. Nachr. Nr. 11. Kiel 1906.

Aberrationskonstante, und schließlich wird der Versuch gemacht, einen wesentlichen Teil dieser Eigentümlichkeiten auf eine gemeinsame mögliche Ursache zurückzuführen.

Auf das rechnerische Detail dieser wichtigen Arbeit kann an dieser Stelle natürlich nicht eingegangen werden, dagegen sollen die Schlußbemerkungen, welche das Ergebnis der Arbeit darstellen, hier mitgeteilt werden. Prof. Schumann sagt dort: „Durch die vorstehenden rechnerischen Untersuchungen bin ich zu der Überzeugung gekommen, daß gesetzmäßig veränderliche Schwankungen von nahezu täglicher Periode und in meßbarer Größe die zugrunde liegenden Reihen zur Bestimmung der Polhöhe, der Polhöhenschwankung und Aberrationskonstante wesentlich beeinflußt haben.

Wie ein direkter Nachweis des Bestehens solcher Schwankungen erfolgen kann, ist nicht schwer zu sehen; er würde am sichersten zu führen sein, wenn die Ursachen derselben bekannt wären. Jedenfalls sind unter anderm wichtige Beiträge zur Lösung folgender Fragen zu erwarten:

1. ob Erdkörper, Erdachse, Lotlinie außer Schwankungen von langer Periode auch solche von täglicher Periode und von der Ordnung der Größe 0.1″ ausführen;

2. ob eine oder mehrere Eigenschwingungen von kurzer Periode vorhanden sind, und welche Körper (Erdkruste und Erdkern?) dieselben veranlassen; eine Beeinflussung durch den Mond erscheint nicht ausgeschlossen;

3. ob sich nicht das zurzeit bestehende Mißverhältnis zwischen äußerer und innerer Genauigkeit, sowie verschiedene Mißstimmigkeiten bei solchen Messungen heben lassen, bei denen bisher die Konstanz der Polhöhe und der Lotlinie im Verlaufe des Tages vorausgesetzt wurde."

Wenn man annehmen darf, daß das sogenannte Kimurasche Glied der Polhöhenschwankung durch Verschiebung des Schwerpunktes der Erde längs ihrer Rotationsachse infolge von Massentransporten des Meeres und der Atmosphäre von einer zur andern Hemisphäre im Jahreslaufe entsteht, so könnte man das tägliche Glied der Schwankungen durch ähnliche Umsätze infolge von meteorologischen Vorgängen erklären.

Die Resultate des internationalen Breitendienstes von 1902,0 bis 1906,0. Hierüber berichtete Prof. Th. Albrecht[1]) und zeigte, daß im Jahre 1905 eine weitere Abnahme der Amplitude der Polbewegung eingetreten ist, jedoch in geringerm Grade, als a priori zu erwarten war.

Die Bewegung des Poles auf der Erdoberfläche ist durch Marcel Brillouin von besondern Gesichtspunkten aus betrachtet worden.[2])

---

[1]) Astron. achr. Nr. 4121.

[2]) Compt. rend. **143**. p. 437.

Er kommt aus einer Diskussion der von Prof. Albrecht seit 1890 veröffentlichten Kurven dieser Polbewegung zu folgenden Ergebnissen. Die Polbewegung setzt sich zusammen:

1. aus einer kleinen Bewegung, deren Pol der Mondmonat ist, und die eine äußere Ursache hat. Ihre Amplitude betrug 1890 bis 1891.5 etwa 0.042″.

2. aus Bewegungen, die durch Kräfte innerhalb der Erde verursacht werden und bisweilen plötzlich zu verschiedenen Zeiten einsetzen.

3. Dem nachfolgenden allmählichen Erlöschen der Bewegung entspricht eine Abnahme der Größe der Schwankung, die vielleicht variabel ist je nach den Modifikationen der innern Ursache.

Wenn in der Tat im Innern der Erde wirksame Kräfte eine solche Rolle bei der Polschwankung spielen, so hat das Aufsuchen periodischer Glieder dieser Schwankung keinen Sinn, denn jede plötzliche Änderung der im Erdinnern wirkenden Kräfte verändert alle Konstanten dieser periodischen Glieder. Brillouin macht darauf aufmerksam, daß die große Änderung der Schwankung im Jahre 1891 zusammenfällt mit dem heftigen Erdbeben vom 28. Oktober 1891 in Japan, auch Milne hat eine Anzahl ähnlicher Koinzidenzen angegeben.

Lotabweichungen. Die Verwertung der astronomisch-geodätischen Arbeiten zur Ermittlung der Figur der Erde wurde seitens des K. Preußischen Geodätischen Instituts gefördert durch Prof. Börsch. Er veröffentlichte[1]) seine Rechnungen über die Lotabweichungsgleichungen für das Gebiet nördlich der Längengradmessung in 52° Br. innerhalb Deutschlands und Dänemarks. Für die betreffenden Stationen wurden auch die Lotabweichungen für das ausgewählte Bezugsellipsoid aufgestellt.

Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Indischen und Großen Ozeane. Wie früher mitgeteilt worden,[2]) hat Prof. Dr. Hecker durch Beobachtungen am Barometer und Siedethermometer sehr genaue Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane ausgeführt. Seitdem hat er eine Reise auf dem Indischen und Großen Ozeane zu ähnlichem Zwecke gemacht und berichtet jetzt über die ausgeführten Beobachtungen und den Stand der Reduktionsarbeiten.[3])

Auf der Reise nach Australien an Bord des Norddeutschen Lloyddampfers „Weimar" (5000 Reg.-Tons) hat er an 40 Tagen (mit Einschluß der Beobachtungstage in den verschiedenen Häfen) 69 Reihen von Siedethermometer- und Barometervergleichungen ausgeführt, die

---

[1]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. 1906. Nr. 28. Lotabweichungen Heft 3.

[2]) Vergl. dieses Jahrbuch **12** p. 157; **14** p. 164.

[3]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. 1906. Nr. 26. p. 36.

sich im wesentlichen auf die Strecke Neapel-Melbourne verteilen. Die Gesamtzahl der Ablesungen an den sechs Siedethermometern beträgt etwa 2500. Die zugehörigen Barometerstände sind durch Messung am Mikrometermikroskop aus den Aufzeichnungen der fünf photographisch registrierenden Quecksilberbarometer zu ermitteln; ihre Zahl beträgt etwa 2100. Die Ausmessung hat begonnen und wird doppelt durchgeführt werden. Die Reduktion der Siedethermometerbeobachtungen ist beendet.

Die Bestimmung der Schwerkraft auf dem Großen Ozeane wurde von ihm zunächst auf der Reise von Sydney nach San Francisco an Bord der „Sonoma" (6000 Reg.-Tons) ausgeführt. Er erhielt an 25 Tagen 50 Sätze von Siedethermometer- und Barometervergleichungen. Die Siedethermometerablesungen, etwa 1800, sind bereits reduziert, ebenso sind die Luftdruckbestimmungen mittels der Quecksilberbarometer, etwa 1500, aus den Registrierungen durch doppelte Messung abgeleitet. Auch die meisten der zur Reduktion dieser Bestimmungen erforderlichen Korrektionen sind bereits ermittelt.

Eine zweite Reihe von Schwerkraftsbestimmungen auf dem Großen Ozeane wurde von ihm auf der Reise von San Francisco nach Yokohama an Bord der „Manchuria" (14 000 Reg.-Tons) ausgeführt.

Auf dieser Reise wurden an 23 Tagen 44 Sätze von Beobachtungen gewonnen, die im ganzen etwa 1600 Siedethermometerablesungen und 1300 Bestimmungen des Luftdruckes durch die Quecksilberbarometer umfassen. Auch für diese Reise sind die Barometerstände bereits durch doppelte Ausmessung der Registrierungen ermittelt, und es ist der größte Teil der zur Reduktion erforderlichen Korrektionen berechnet. Die Bearbeitung der Siedethermometerablesungen für diese Reise ist beendet.

Auf dem Festlande wurden von ihm an neun Stationen Schwerkraftsbestimmungen durch Pendelbeobachtungen ausgeführt, deren Bearbeitung bereits abgeschlossen ist. Es sind dieses die folgenden Stationen: Melbourne, Sydney, San Francisco, Tokio, Zi-ka-wei, Hongkong, Bangkok, Rangun, und Jalpaiguri. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind im Tätigkeitsberichte des Zentralbureaus für das Jahr 1905 mitgeteilt. Der durchschnittliche mittlere Fehler einer Schwerkraftsbestimmung auf einer Station beträgt $\pm 0.000015\,m$.

Oberflächengestaltung.

Über langsame mikroseismische Niveauänderungen verbreitete sich John Milne in der Royal Society.[1])

„Die Seismographen," sagt er, „zeigen außer Erzitterungen und Pulsationen auch langsame Änderungen des Niveaus an. Neben dieser allgemeinen Bewegung verraten die Instrumente auch die

[1]) Proceedings of the Royal Society 1906. Ser. A. 77. p. 365.

Existenz von Wellen, welche eine Verschiedenheit der Bewegungsrichtung zu verschiedenen Jahreszeiten anzeigen. Diesen aufgelagert finden wir ferner Aufzeichnungen von Niveauänderungen, welche mit Schwankungen in dem Unterschiede der Belastung zu beiden Seiten einer Beobachtungsstation verknüpft sein mögen. Wenn ein Horizontalpendel gegen das Gebiet höchsten Luftdruckes schwingt, weist es offenbar auf eine Änderung hin, die direkt oder indirekt mit dem barometrischen Drucke verbunden ist. Die Menge des Wassers in den Brunnen, in Drainröhren und den Quellen ändert sich nach den Beobachtungen mit den Schwankungen des atmosphärischen Druckes. Wo dies stattfindet, werden Vorgänge unter der Oberfläche enthüllt, welche ausreichend sein können, um Änderungen im Oberflächenniveau entstehen zu lassen. Wenn ein Trupp von 76 Mann bis auf 16 oder 20 Fuß an die Universitätssternwarte in Oxford heranmarschierte, fand man, daß ein Horizontalpendel innerhalb des Gebäudes eine Ablenkung in der Richtung der vorrückenden Belastung angab.

Die Beobachtung, daß die Oberfläche sich senkt in der Richtung einer Belastung, die sie trägt, kann jedoch ganz unerwartet modifiziert werden; den festen Fußboden eines Kellers am Strande zu Ryde sah man mit dem Steigen der Flut im Solent nach dem Lande hin sich neigen, während die zu erwartende Richtung der Niveauänderung die entgegengesetzte war. In diesem Falle hat sehr wahrscheinlich das steigende Wasser die eigene Gravitationswirkung kompensiert, indem es die Drainierung unter der Oberfläche zurückdrängte mit dem Erfolge, daß der Strand flott gemacht und gehoben wurde. Sehr ausgesprochene Niveauänderungen erfolgen an manchen Stationen während nasser Witterung. Auf der Insel Wight, in Shide, das am Abhange eines durch einen Kalksattel gebildeten Tales liegt, deuten, wenn starker Regen eintritt, Wasserwagen und Horizontalpendel ein Kippen nach dem Talbette an. Wenn man von diesen beobachteten Bewegungen annehmen darf, daß sie sich bis zum Talbette erstrecken, kann man sagen, daß beim Regen die Steilheit jeder seiner Seiten vergrößert wird. Bei schönem Wetter ist die Richtung der Bewegung die umgekehrte. Eine regelmäßigere Bewegung findet man jedoch in einer Erscheinung, die als die tägliche Welle bekannt ist. Bei der gleichen Annahme über die Ausdehnung der entsprechenden Bewegung finden wir, jedoch nur bei schönem Wetter, daß die Richtung der Bewegung der Abhänge desselben Tales während der Nacht derjenigen entspricht, die man bei feuchtem Wetter beobachtet. Am Tage ist sie dieselbe wie bei schönem Wetter. Man könnte das Tal als sich öffnend und schließend bezeichnen. Ähnliche Beobachtungen sind an den beiden Abhängen eines Tales gemacht worden, das in Tokio im Alluvium geschnitten ist.

Diese tägliche Bewegung wird nur an Tagen bemerkt, die hell und sonnig sind. An trüben, wolkigen oder nassen Tagen ist sie klein

oder nicht registrierbar. In einer Kammer, 13 Fuß unter der Oberfläche, die in weichem Boden ausgehöhlt war, wo die Temperaturänderungen sehr klein sind, habe ich die tägliche Bewegung ganz ebenso ausgesprochen gefunden wie in benachbarten Betrieben an der Oberfläche, wo die Temperaturänderungen verhältnismäßig groß waren. Ich habe sie nicht beobachtet in Höhlungen, die im Felsen in Tiefen von 50 und 100 Fuß gemacht waren. Zu Bidston jedoch in dem Neuen Roten Sandsteine sind in der Tiefe von 19 Fuß Änderungen 0.1″ und 0.2″ von Zeit zu Zeit aufgezeichnet worden. In flacher offener Landschaft ist die Schwankung stets gering.

Einen Einfluß, der wahrscheinlich eine bedeutende Rolle in der Erzeugung dieser Bewegungen spielt, kann man in der verschiedenen Belastung und Entlastung der benachbarten Gebiete durch Sonnenwirkung vermuten. Bei nassem Wetter führen infolge des Durchsickerns unter die Oberfläche und seitlicher Drainierung, im allgemeinen die Abhänge und der Boden eines Tales, in dem das Wasserniveau gestiegen ist, eine größere Belastung als die angrenzenden Höhen. Unter diesen Umständen kann der Boden eines Tales sich sacken, und seine Abhänge können sich nach innen schließen. Bei schönem Wetter hingegen kann sich infolge der Verdunstung und Drainierung eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung einstellen. Die dem Öffnen eines Tales entsprechende tägliche Bewegung bei schönem Wetter kann eine teilweise Erklärung finden in der Entfernung von Last durch die Verdampfung, aber mehr noch durch die Pflanzentranspiration. Diese Vorgänge sind ausgesprochener am Tage als in der Nacht und streben, das Durchsickern und Drainieren unter der Oberfläche nach dem Talbette zu verringern. Die verhältnismäßig kleine Rückbewegung in der Nacht kann teilweise zugeschrieben werden einer Zunahme der Talbelastung in der Nacht, zu welcher Zeit die Transpiration und Verdampfung durch Kondensation an und unter der Oberfläche ersetzt ist. Da Transpiration und Verdampfung zur Nachtzeit am kleinsten sind, kann man annehmen, daß das seitliche Durchsickern und Oberflächendrainieren nach dem Bette eines Tales vermehrt ist, und möglicherweise als eine Folge dieses Vorganges fand man das Wasservolumen in manchen Brunnen und das in manchen Flüssen und Drainröhren fließende größer in der Nacht als am Tage.

Ein anderer Vorgang, der eine nächtliche Zunahme des unterirdisch fließenden Wassers herbeiführen kann, ist die Ausdehnung der Luft im Boden durch die langsam absteigende Wärme des vorangehenden Tages, da diese Ausdehnung das Grundwasser in Wege zwingt, wo das Entweichen leicht ist.

Die für die besprochene Erscheinung gegebene Erklärung mag sich als mangelhaft herausstellen; aber die Tatsachen bleiben, daß ringsum an der Erdoberfläche tägliche Oberflächenverzerrungen beobachtet werden können, die in Größe und Richtung variieren,

und daß der Regen von meßbaren Änderungen in der Böschung mancher Täler begleitet ist. Dies sind sicherlich Tatsachen, die anerkannt werden müssen.[1])

Die heutigen Anschauungen über das Karstphänomen behandelte G. Berg in der Deutschen geolog. Gesellschaft.[2]) Er wies darauf hin, wie die Einsturztheorie für die meisten Fälle der Erosionstheorie weichen mußte, und Mojsisovic zuerst für die Entstehung der Poljen die Wirkung gebirgsbildender Kräfte (Sattelbildungen und Verwerfungen) in Anspruch nahm. Weitere Fortschritte verdankt unser Verständnis der Karstentstehung den Forschungen von J. Cvijić. Seine Untersuchungen über die Dolinen haben gezeigt, daß solche Gebilde auch ohne vorhergehende Höhlenbildung als einfache Folge des Versickerns atmosphärischer Niederschläge in durchlässigen und löslichen Gesteinen entstehen, und daß die Bildung der Karstwannen, das sind Einsenkungen weiter Gebiete durch verstärkte Dolinenbildung, den Anstoß zur Entstehung von Poljen geben kann. Die Arbeiten von Alfred Grund brachten rationellere Anschauungen über die Verteilung der unterirdischen Wässer im Karstgebiete und über die Ursache der periodischen Überschwemmungen in den Poljen.

Berg schilderte zuletzt im Zusammenhange die Entstehung eines Karstgebietes, wie wir sie uns nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse vorzustellen haben und kommt dabei in der Hauptsache zu denselben Resultaten, die neuerdings von A. Penck dargelegt wurden. Es wird indessen angenommen, daß die Mehrzahl der Poljen durch Einsenkung von Karstwannen bis auf den Grundwasserspiegel entstanden sei. Die Vertiefung solcher Wannen muß so lange gleichmäßig fortschreiten, bis sie den obersten Hochwasserhorizont erreicht. Von da an wird sie sich verlangsamen durch den Wegfall der chemischen Erosion in einem Teile des Jahres; unter den untern Grundwasserspiegel aber wird sie niemals fortschreiten können, da dem stagnierenden Grundwasser keine lösende Kraft mehr innewohnt. So muß die Vertiefung einer Karstwanne gerade zwischen dem obersten und untersten Grundwasserstand Halt machen, also naturgemäß zur Herausbildung periodisch überschwemmter Poljen führen. Da nun die Mehrzahl der Poljen diesem Typus angehört, so können wir umgekehrt schließen, daß die Poljen in der Regel aus Karstwannen entstanden sind. Betrachtet man sie als Senkungsfelder zwischen Verwerfungen, so könnte ein Absinken der Scholle bis zwischen die beiden extremen Wasserstände nur in besonderm Zufalle einmal eintreten. Bei dem ausgesprochenen Hange aller Verwerfungen in mehrern parallelen Systemen aufzutreten, müßte man auch eine größere Regelmäßigkeit der Umgrenzung der Poljen erwarten, wenn sie als Schollenversenkungen gedeutet werden sollen.

[1]) Naturw. Rundsch. **21**. p. 357.
[2]) Monatsbericht d. Deutschen geolog. Ges. 1905. Nr. 1.

Die Annahme der Entstehung von Poljen aus Karstwannen führt auch diese Karstgebilde auf die lösende Fähigkeit senkrecht versickernden Wassers zurück, auf dieselben Bedingungen (lösliches Gestein und tiefer Grundwasserstand), denen auch Dolinen, Höhlen, Schlote und alle andern Karstbildungen ihr Dasein verdanken. Im normalen Gebirge fließt das Wasser oberirdisch bis zur Erosionsbasis ab, im Karstgebirge verfällt es unterirdisch bis auf den Grundwasserspiegel. Während die normalen Gebirge durch die mechanisch erodierende Kraft des Wassers abgetragen werden, ist ein Karst ein Gebirge, welches unter der chemisch lösenden Kraft des Wassers in sich zusammensinkt.

Dolinen. Über Dolinen macht Fr. Katzer (Sarajevo) einige wertvolle Mitteilungen.[1]) Er hebt hervor, daß die von Cvijić sogenannten Schwemmland- oder alluvialen Dolinen besser als Bodensenkungsdolinen zu bezeichnen seien, „dem Wesen der bezüglichen Einsenkungen entsprechend, welches darin besteht, daß das Erdreich, welches sich über einer zur Schlotbildung neigenden Unterlage ausbreitet, in einen solchen unterirdischen Hohlraum einsinkt, was zwar nicht auf einmal bis zur ganzen Tiefe der spätern Doline, aber doch ruckweise vor sich geht.

Derartige Bodensenkungsdolinen sind in den verkarsteten Gebieten Bosniens überall vorhanden, wenn auch nicht sonderlich häufig. Man trifft sie sowohl auf den Matten der Hochgebirge, als auf den grasbedeckten Flächen des Mittelgebirges und Hügellandes, meist auf Kalk, aber auch auf Gips. Eine Vorbedingung ihrer Entstehung scheint nebst der mäßig geneigten oder ebenen Bodenbeschaffenheit das Vorhandensein einer Vegetationsdecke zu sein, deren verfilztes Wurzelwerk dem Erdreiche jene Festigkeit verleiht, die ausreicht, um es über einer Schlotmündung eine Zeitlang im Zusammenhang schwebend zu erhalten."

Nach einem wolkenbruchartigen Regen am 16. Oktober 1901 war Katzer Augenzeuge der Bildung einer Doline. „Als ich," berichtet er, „nachmittags von Tukbobija gegen Mehmedagici ritt, entstand in der Nähe der Kôte 377 der Karte, links vom Wege, wenige Schritte vor mir, auf einer regenfeuchten, vormittags aber wahrscheinlich überschwemmt gewesenen Stelle eine Doline.

Mit einem Rucke sank eine kreisrunde Rasenfläche von annähernd 2 *m* Durchmesser ca. 40 *cm* tief, in der Mitte etwas mehr als an den Rändern ein. Das diesen Vorgang begleitende Geräusch war geringfügig, fast nur bewirkt durch das Zerreißen des verfilzten Rasens und den Nachfall einiger Erdschollen. Die Umrandung der entstandenen Doline war nahezu vertikalwandig und scharf, jedoch von mehrern, den Einbruch stückweise begleitenden Parallelrissen

[1]) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Ges. Berlin **57**. p. 233.

durchzogen. Auch am Rande des abgesunkenen Dolinenbodens war durch Risse eine Loslösung unregelmäßiger Schollen angedeutet.

Meine Begleiter waren von der Dolinenbildung durchaus nicht überrascht, sondern behaupteten, die gleiche Erscheinung, welche im Frühjahre und Herbste gar nicht selten sei, schon öfters beobachtet zu haben. Die Dolinen seien meist größer, manchmal auch kleiner und gewöhnlich tiefer als die von mir gesehene. Die Inundation des Polje wirke auf die neugebildeten Dolinen verschiedentlich: Einige werden unter der Wasserbedeckung mehr oder weniger ausgeebnet, indem die Ränder verwischt, sowie die Böschungen abgeflacht werden, und am Boden sich Sediment ablagert. Sie bilden dann mit Vegetation überwucherte Unebenheiten von verschwommen, kreisrundem Umrisse im Poljeboden, deren Entstehung aus einer Bodensenkungsdoline nicht immer sicherzustellen ist. Andere vertiefen und erweitern sich durch fortschreitende Bodensenkung entweder schon während der Wasserbedeckung und bleiben auch noch nach Austrocknung des Polje eine Zeitlang Tümpel, oder aber die Einsenkung erfolgt erst nach dem Rückzuge des Wassers, in welchem Falle sehr scharf konturierte Bodensenkungsdolinen entstehen.“

Über unterirdische Dolinenbildung berichtet Katzer zwei Beispiele: „Im Jahre 1900 wurde in dem an der westlichen Peripherie der Kreisstadt Banjaluka befindlichen landesärarischen Kohlenbergbaue beim Abbaue in ungefähr 35 *m* Tiefe unter der Tagesoberfläche eine Doline durchörtert, die Verfasser besichtigen konnte. Die trichterförmige Doline war im Liegendmergel des Kohlenflözes entstanden und teilweise mit dem lettigen Residuum des zersetzten Mergels und mit Kohlenbrocken erfüllt. Das Kohlenflöz war in die Doline nachgesunken und dabei zerbröckelt und zerrieben worden. Von den Hangendmergeln waren nur die unmittelbar auf dem Flöze auflagernden Schichten ebenfalls verbrochen, die höhern Bänke zum Teile eingebogen, aber sonst intakt. Die Entstehung dieser unterirdischen Doline ist völlig klar. Die braunkohleführenden oligomiozänen Schichten von Banjaluka sind in dem Ablagerungsabschnitte, in welchem zurzeit der Bergbau umgeht, flach nach Südosten geneigt und werden von meist nach Westen, jedoch auch nach Osten steil einfallenden Klüften durchsetzt. Das auf den Schichtfugen zusitzende Wasser benutzt vorzugsweise diese Klüfte zur Einsickerung in die Tiefe und verursacht entlang derselben eine Aufweichung und Auflösung des Liegendmergels. So entsteht im Mergelkalke unter dem wenig permeablen Kohlenflöz als erter Ansatz der spätern Doline zunächst wohl nur ein geringer Hohlraum mit von seinen Wänden und seinem Grunde in die Tiefe verlaufenden Zersetzungskegel. In diesem wirkt das weiter zusickernde Wasser fortan umso stärker auflösend, als dem Kohlenflöze entstammende Säuren seine zersetzende Kraft wesentlich erhöhen müssen. Und wenn dann der mit dem Lösungsresiduum des Mergels ausgefütterte Dolinenhohlraum eine ge-

wisse Größe erlangt hat, bricht das ihn überdeckende Kohlendach zusammen und sackt, je mehr die Doline wächst, desto tiefer in dieselbe nach. Auf diese Weise entsteht schließlich eine unterirdische Doline, welche im Laufe der Zeit durch Abtragung der über sie hinwegsetzenden Hangendschichten zu einer Oberflächendoline werden kann.

Einen solchen tatsächlichen Fall illustriert vortrefflich eine Doline bei Umci in der Kamengrader Braunkohlenablagerung nordwestlich von Sanskimost."

Die tektonische Gestaltung Südafrikas. Auf der Naturforscherversammlung zu Stuttgart (1906) schilderte Prof. Penck die geographisch-geologischen Verhältnisse des Binnenlandes von Südafrika. Als Teilnehmer der British Association for the advancement of Science hat er der Tagung derselben in Kapstadt und Johannesburg beigewohnt und dadurch Gelegenheit gehabt, eine über 1000 *km* sich erstreckende Exkursion durch Südafrika mitzumachen. Auf diese Weise hat er in wenigen Wochen mehr zu Gesichte bekommen als ein gewöhnlicher Forschungsreisender in Monaten. Auf Grund dieser Forschungen schilderte er Südafrika. Dasselbe bildet eines der großen Hochländer der Erde, in der Mitte von 1000 bis 1500 *m* Höhe, dacht es seewärts verhältnismäßig rasch ab. Überall steigt der Weg ins Innere steil, häufig stufenförmig an und führt schließlich zu einem jäh abfallenden Plateaurande. Ist dieser erstiegen, so steht man auf verhältnismäßig ebenem Boden. Das ist das Schema, welches durch alle möglichen Variationen hindurchklingt, und an solchen ist kein Mangel. Wer von Kapstadt landeinwärts geht, passiert andere Landschaften als der von East-London kommende; anders ist der Weg von Durban ins Innere, als der von Lourenço Marques. Penck gelangte zu folgender Auffassung des Reliefs von Südafrika: Südafrika bildet eine großartige verbogene Rundfläche, deren seewärtiger Abfall von Tälern durchfurcht ist. Zwischen diesen Tälern findet sich stellenweise, namentlich im östlichen Natal, noch ein Überrest der ehemaligen Rumpffläche. Weiterhin sind die Talgehänge miteinander verwachsen, und das Härtere aus dem Weichern meist stufenförmig herausgearbeitet. Der Steilrand, welcher die Hochfläche Südafrikas umrahmt, stellt nichts anderes dar als das gemeinsame Hintergehänge aller Täler. Penck vergleicht diesen Steilrand mit der Rauhen Alb, hebt jedoch hervor, daß er nicht ausschließlich und allein wie jene einem bestimmten Gesteine folgt, sondern von einem zum andern überspringt, so etwa wie ein Gebirgsabfall, der in Württemberg sich anfänglich an den Weißen Jura und später an die Keupersandsteine knüpfen würde. Er betont bezüglich der Gebirge des Kaplandes, daß hier zwar in ähnlicher Weise wie in dem schweizerischen Jura die Schichten gefaltet seien, daß aber die Erhebung der einzelnen Gebirgsketten nicht unmittelbar an die Faltung anknüpfe, sondern bedingt

sei durch die Widerstandsverhältnisse der einzelnen Gesteine. Die Ketten des Kapgebirges sind nichts anderes als stehengebliebene Überreste der großen durch Verbiegung einer Rumpffläche entstandenen Böschung zwischen dem innern Hochlande und der See. Die innere Hochfläche dacht sich zum großen Binnengebiete der Kalahari ab, aus dem nur zwei Flüsse zum Meere gelangen: der Oranjefluß und der Sambesi. Beide Flüsse haben große Wasserfälle. Penck schilderte die des Sambesi als durchaus eigenartig. Der große 1500 *m* breite Fluß stürzt sich in einen engen Abgrund, aus dem er in enger, zickzackförmig verlaufender Schlucht weiterfließt. Diese Schlucht ist bisher auf ein System von Spalten zurückgeführt worden, doch ist es gelungen, Beweise für ihren Ursprung durch rinnendes Wasser beizubringen. Sie ist ausgefurcht vom Strome, der ursprünglich seinen Wasserfall weiter unterhalb gehabt hat. Derselbe ist um mindestens 10 *km* zurückgegangen, seitdem Menschen in Südafrika wohnen, wie aus Funden von uralten Steinwerkzeugen sich ergibt. Die Flußverhältnisse des südafrikanischen Binnenlandplateaus, das heute im wesentlichen durch den Oranje- und den Sambesifluß entwässert wird, zeigen eine auffallende Jugendlichkeit. Zahlreiche Erscheinungen sprechen dafür, daß Südafrika in frühern Erdperioden noch weit wasserärmer als heute und geradezu eine Wüste gewesen sein muß, die keinen Abfluß zum Meere hin hatte. Die wenig wasserreichen damaligen Flußbetten hatten Ursprung und Ende im Binnenlande, und ihnen ist die Entstehung des heutigen Landschaftsbildes der Kalahariwüste zuzuschreiben. Eine weitere interessante Beobachtung Pencks ist die, daß die Tilit genannte südafrikanische Formation aus verhärtetem Moränenmateriale besteht und geologisch anders als bisher aufzufassen ist. Penck fand zwischen karbonischen und Permschichten ausgeprägte Spuren einer südafrikanischen Eiszeit, wie sie für das entsprechende Zeitalter auch in Indien und Australien festgestellt worden ist. Da diese Spuren einesteils bis hart an die Grenze des Tropengürtels heranreichen und anderseits auf eine ausgiebige Inlandvergletscherung ähnlich des heutigen Grönlands hindeuten, so stehen wir bezüglich ihrer Ursache vor einem Rätsel. „Keinesfalls," sagt Penck, „kann man annehmen, daß jemals, mit Ausnahme der Umgebung des Äquators, die ganze Erde vergletschert gewesen sei. Man hat an Verschiebungen der Erdachse gedacht, die aber naturgemäß den Nordpol ebenso gut wie den Südpol betreffen müßten. Zur Erklärung der südafrikanischen Eiszeit können sie nicht in Frage kommen, da in den Permschichten der Nordhemisphäre alle Anzeichen einer Eiszeit fehlen. Auch die Annahme einer zeitweiligen vertikalen Hebung Südafrikas ist nicht angängig, da es sich, um in der Nähe des Äquators eine so ausgiebige Vergletscherung hervorzurufen, um allzu große Höhen handeln würde. Ist doch auch Tibet nicht vergletschert, weil in solch beträchtlichen Höhen die Luft trocken und die Niederschlagsmenge gering ist. Es bleibe

also zur Lösung des südafrikanischen Rätsels nur die Annahme ausgedehnter horizontaler Verschiebungen übrig, wie sie auch anderwärts festgestellt sind.

Die Drumlins im nordschwedischen Küstengebiete. Als Drumlins bezeichnet man flach gewölbte Grundmoränenformen mit einer mehr oder weniger hervortretenden Längenachse in derselben Richtung, wie die Eisbewegung und die Gletscherschrammen. Zu ihrer Charakteristik gehört weiter, daß sie oft einen Kern von festem Gesteine oder losem, geschichtetem Materiale haben, welcher entweder in ihrem mittlern Teile oder an dem einen Ende begraben ist. Sie treten gewöhnlich geschart auf und sind besonders innerhalb der lokalen Endmoränenzüge der letzten Vereisung häufig, so daß die am besten entwickelten Drumlinslandschaften diese Lage haben. Die Dimensionen der Drumlins schwanken zwischen sehr weiten Grenzen, mit Höhen von nur wenigen Metern bis gegen 100 *m* und Längen von minder als 100 *m* bis zu mehrern Kilometern. Das Verhältnis zwischen Länge und Breite ist ebenfalls sehr variabel, indem einerseits Drumlinsformen vorkommen, welche ein nur sehr schwach elliptisches bis fast zirkelrundes Grundprofil zeigen, anderseits solche, deren Länge das 10- bis 20 fache der Breite erreichen kann. Die extremen Formen scheinen im allgemeinen nicht zusammen aufzutreten, sondern die Drumlins einer und derselben Gegend sind gewöhnlich einigermaßen gleichartig, besonders in bezug auf die Verhältniszahlen für Länge und Breite. Drumlins wurden zuerst (1833) aus Irland beschrieben, im Anfange aber von den oft gleichgestalteten nunmehr als fluvioglazial erkannten Ashügeln nicht unterschieden. Ihre wahre Natur als Grundmoränen wurde zuerst (1864) von Close erkannt, welcher ihre Eigentümlichkeiten in Bau und Auftreten so vollständig beschrieb, daß später nur wenig Neues hinzugefügt worden ist. Etwa aus derselben Zeit (1835) stammen die ersten Beobachtungen über Drumlins in Nordamerika, wo sie auch mit den zu dieser Zeit lebhaft diskutierten schwedischen Asar verglichen wurden. Genauer wurden sie dort zuerst von Agassiz (1864) studiert, welcher sie unter dem Namen „horse-backs" beschrieb. Diese ältere Drumlinsliteratur, zu welcher übrigens auch andere Forscher beigetragen hatten, wurde indessen so wenig beachtet, daß die Drumlins gewissermaßen von neuem entdeckt wurden, als um 1880 Warren Upham und andere nordamerikanische Quartärgeologen ihre Aufmerksamkeit auf sie richteten. Der von Upham benutzte Name „lenticular hills" wurde, nachdem man an die ältern irländischen Arbeiten erinnert worden war, von Davis gegen den dort eingeführten Term Drumlins vertauscht. Nachher ist dieses keltische Wort, das etwa Erdhügel, Erdrücken bedeuten soll, als gemeinschaftlicher Term für alle flachgewölbten Grundmoränenerhebungen in der wissenschaftlichen Literatur eingebürgert worden. Er umfaßt also die „linear" oder „elongated ridges", die „elliptical" und „mamillary hills" und die „embryonal drumlins" oder „drumloids" von Chamberlin (1883).

Über die Bildungsweise der Drumlins gehen die Meinungen hauptsächlich in zwei verschiedene Richtungen, die eine sieht in den Drumlins Ablagerungsformen der Grundmoräne, die andere betrachtet sie dagegen als Erosionsformen. Die erste Anschauung dürfte von der Mehrzahl der Quartärgeologen geteilt sein, welche sich mehr eingehend mit Moränenstudien beschäftigt haben.

Wie aus Großbritannien und Nordamerika sind Drumlins auch aus dem nordalpinischen Glazialgebiete beschrieben, sowie auch aus Holland, Norddeutschland und den Ostseeprovinzen.

In der Geologischen Landesuntersuchung Schwedens werden manchmal Moränenrücken erwähnt, welche parallel mit den Glazialschrammen gehen. Gegenstand systematischer Untersuchungen sind sie indessen kaum geworden, und es ist nicht leicht, aus den meistens sehr knappen Beschreibungen zu beurteilen, ob oder wie weit sie zu den Drumlinsmoränen zu rechnen sind.

Oft werden sie als Seitenmoränen und Mittelmoränen bezeichnet. Die ersten nähern Erläuterungen und theoretischen Betrachtungen über dergleichen Bildungen werden von Sederholm aus Finland gegeben. Es geht aus seinen Auseinandersetzungen deutlich hervor, daß diese „Moränenrücken" im innern Finland, welche durch ihr gesellschaftliches Auftreten der Landschaft einen ausgeprägt streifigen Charakter verleihen, parallel mit den Schrammen und normal gegen die große Randmoräne Salpausälkä verlaufen und aus Grundmoräne mit einem Kerne von festem Felsen bestehen, mit den amerikanischen Drumlins identisch sind. Sederholm erklärt ihre Bildung aus dem hemmenden oder schützenden Einflusse, welchen aufragende Berghügel auf die Bewegung des Grundmoränenmateriales ausübten. Sowohl aus der Arbeit von Sederholm, als aus der Beschreibung von H. Berghell ergibt sich, daß diese Grundmoränenrücken dort zusammen mit andern (aus Oberflächenmoräne gebildeten) gleichgerichteten Moränenrücken vorkommen, so daß der streifige Landschaftscharakter, welcher sich auf der letztgenannten Karte so shön geltend macht, nicht ausschließlich auf Drumlins zurückzuführen ist. Nach Berghell scheint es sogar, als ob es die lockern Oberflächenmoränenrücken seien, die überwiegend an dem Hervorbringen dieses landschaftlichen Charakters beteiligt gewesen sind.

Vereinzelte Drumlinsmoränen sind von De Geer aus der Provinz Dalsland beschrieben, und derselbe Verfasser scheint auch geneigt zu sein, in einigen andern Gegenden im mittlern Schweden, wo die Spezialkarten das Vorhandensein mit der Eisbewegung paralleler Moränenrücken zeigen, Drumlins zu sehen, welche er mit dem mehr umfassenden Namen Radialmoränen bezeichnet. Ferner hat zur letzten Zeit Munthe Drumlins in Westergötland und auf Öland gefunden. Endlich hat A. G. Högbom schon 1881 das ausgeprägt streifige Landschaftsbild des Westerbottnischen Küstengebietes zum Teil den Ablagerungsformen der Moräne zugeschrieben, welche in derselben Richtung wie die Schrammen und die durch Glazialerosion gebildeten Bergrücken und Täler ausgezogen sind.

Auch später hat er bei Sommerbesuchen in seiner Heimat im nördlichen Westerbotten vereinzelte Grundmoränenrücken von Drumlinscharakter gefunden, aber erst im Sommer 1904 diesem Landschaftstypus in dem südlichen Teile von Westerbotten ein näheres Studium gewidmet und schließlich erkannt,[1]) daß die ganze Küstenzone von Westerbotten zwischen Nordmaling im Süden und Skelleftea im Norden, eine Strecke von etwa 180 *km* Länge und 10 bis 20 *km* Breite, als eine Drumlinslandschaft zu bezeichnen ist.

Die am meisten ausgeprägte Drumlinslandschaft findet man in der Küstengegend vom südlichen Westerbotten. Wenn man sich dort in nördlicher Richtung von der Küste entfernt, tritt dieser Charakter der Landschaft mehr zurück. Die Drumlins werden spärlicher, weniger regelmäßig und sozusagen gröber ausgebildet, erreichen wohl auch oft gleichzeitig größere Höhe. Weil die Gneiß- und Granitberge mit der Entfernung von der Küste größere Dimensionen bekommen, ist das disponible Moränenmaterial öfters nicht hinreichend gewesen, sie vollständig zu überschütten, weshalb die Drumlins nicht vollendet wurden, sondern auf einem gewissermaßen embryonalen Stadium verblieben sind. Sie erscheinen dann oft als in der Richtung der Eisbewegung ausgezogene, schweifartige Anhängsel zu den Rundhöckerbergen. Es gibt in dieser Weise einen allmählichen Übergang zwischen typischen Drumlins mit einem vollständig begrabenen Kerne zu Gneis- und Granitbergen mit einem in der Topographie wenig merkbaren Grundmoränenschweife auf ihrer Leeseite. Dieser Schweif ist jedoch durch seinen Bau, sein flach gewölbtes Querprofil und seine Richtung nicht von den echten Drumlinsrücken zu unterscheiden. Die Westerbottnische Drumlinslandschaft hat in ihrer nördlichen Fortsetzung auf der

---

[1]) Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala. **6**. p. 178.

Strecke Umea-Skelleftea etwa denselben Charakter wie in den innern Teilen des südlichen Gebietes. Wegen des auch hier mehr hervortretenden Reliefs im Untergrunde ist das Moränenmaterial nicht hinreichend gewesen, die Bergrücken zu überschütten, sondern sie treten gewöhnlich als kopfartige Anschwellungen an den prolimalen Enden der Drumlins hervor, oder diese sind nur als schweifartige Anhängsel auf der Leeseite der Gneis- und Granitberge ausgebildet. Hin und wieder kann man jedoch auch hier typisch ausgebildete langgezogene Drumlinsrücken ohne hervortretenden Gesteinskern finden. Als eine Folge des Bergreliefs sind Seen und Tonablagerungen hier häufiger als auf der Strecke Nordmaling-Umea. Die Seen haben in dieser Drumlinslandschaft dieselbe Tendenz, wie die Berghöhen sich parallel mit der letzten Eisbewegung und den Schrammen zu orientieren. Diese Eigentümlichkeit ist auf die Wirkung des Eises zurückzuführen, nicht als primäre, die Eisbewegung dirigierende Landschaftsform anzusehen. Das Eis hat somit hier die Streifigkeit der Landschaft teils durch seine in dem Felsengrunde ausskulptierten Erosionsformen, teils durch die Ablagerungsformen des Moränenmateriales hervorgebracht. Nun ist es zu bemerken, daß die Eisbewegung in der ganzen hier in Betracht gezogenen Drumlinslandschaft eine anomale gewesen ist, indem eine stark hervortretende Abweichung von der übrigens herrschenden NW—SO-lichen Richtung zu eine mehr N—S-liche Richtung stattgefunden hat, und daß diese Richtungsveränderung, wie Högbom gezeigt hat, durch Beeinflussung eines am Ende der Eiszeit der Bottnischen Depression folgenden Eisstromes zu erklären ist. Man kann daher die verschiedenen Wirkungen des Eises (die den Felsengrund erodierende und die drumlinsbildende, akkumulierende Wirkung) nicht auf ganz verschiedene Zeitabschnitte verteilen, so daß das Eis zuerst die Erosionsformen hervorbrachte und nachher zu einer ablagernden Tätigkeit überging.

Högbom erwähnt, daß die Drumlins und drumlinsartigen Moränen sich nicht nur topographisch geltend machen, sondern daß sie auch auf die Verteilung der Pflanzenformationen und auf die menschliche Kultur einen merkbaren Einfluß üben. Die Bauerndörfer liegen oft mit ihren Häusern reihenförmig an den Drumlinsrücken angeordnet, und die Seitenböschungen der Drumlins bilden gewöhnlich den ältesten Kulturboden, welcher für Ackerbau zuerst in Anspruch genommen wurde. Die Tonebenen und Moore, welche sich zwischen den Drumlins ausbreiten, wurden erst in späterer Zeit mit zunehmender Bevölkerung und mit dem Einführen zeitgemäßer Agrikultur als Acker benutzt. Die oft aus festem Felse heraufragenden Proximalenden der Drumlins sind, wenn sie sich etwas über die nächsten Umgebungen erheben, ganz allgemein mit Uferschotter und Grand umrandet, welche nur für Waldwuchs geeignet sind, weshalb diese Partien mit ihren kahlen Rundhöckerfelsen und waldigen Böschungen oft einen auffallenden Kontrast gegen die kultivierten schweifartigen Distalpartien mit ihren Ansiedlungen bilden. Auch auf die Physiognomie der Seen setzt die Drumlinslandschaft ihr Gepräge. Nicht nur in den Uferkonturen, sondern auch in den Pflanzenformationen des Ufers und des Wassers ist dies zu sehen. So sind die gegen die Eisbewegung gerichteten Ufer ganz allgemein durch hervorspringende Rundhöckerfelsen, durch einen steinigen, relativ steil abfallenden Boden mit oft bis an die Uferlinie herabgehendem Nadelwalde charakterisiert, während sich die entgegengesetzten Ufer durch flaches Abfallen, Abwesenheit von Felsen und durch die weit hervorspringenden distalen Spitzen der Drumlins auszeichnen. Wiesen und Laubwald sind an diesen Ufern vorherrschend, und weit verbreitete wechselnde Pfanzenformationen kommen hier in dem Wasser vor, während sie an den erstgenannten Ufern ganz fehlen oder mehr untergeordnet auftreten. Diese Unterschiede treten auch dann deutlich zum Vorscheine, wenn die Hauptrichtungen des Ufers mit den Drumlins einen nur sehr spitzen Winkel bilden.

Die hier beschriebene Drumlinslandschaft an der Westerbottnischen Küste ist an das Gebiet der anomalen Gletscherbewegung gebunden. Wenn

man die bottnische Küste weiter nach Norden verfolgt, treten die Drumlinsformen mehr zurück und spielen nicht mehr eine so hervorragende Rolle in der landschaftlichen Physiognomie; vereinzelt oder gruppenweise kann man sie jedoch die ganze Küstenzone entlang bis nach Haparanda, wenn auch meistens nur rudimentär ausgebildet, beobachten. Ebenfalls hören sie auf, oder werden sie wenigstens selten, wenn man von der Küste nach innen kommt, wo die Gletscherbewegung die normale NW-liche Richtung gehabt hat.

Eine zweite Drumlinslandschaft kommt auch in der Provinz Westerbotten vor, nämlich auf dem etwa 250 *m* hohen Plateau, welches sich im Innern der Provinz nach Westen über die Lapplandsgrenze hin verbreitet. Dieses Drumlinsterrain ist zwischen den Flüssen Vindeln und Pitea-elf am besten ausgebildet, und es wird von der Bahn zwischen den Bahnhöfen Hällnäs und Myrheden in etwa nordsüdlicher Richtung durchschnitten. Während die Drumlins des vorigen Gebietes submarin auf einer Tiefe von 200 bis 300 *m* gebildet worden sind, hat die Drumlinsbildung hier supramarin stattgefunden, was sich daraus ergibt, daß dieses Gebiet im ganzen oberhalb der höchsten marinen Grenze (etwa 230 *m* über dem heutigen Meeresniveau) liegt. Diese Verschiedenheit der Bedingungen für die Eisabschmelzung in den zwei Drumlinsgebieten gibt sich besonders in der Beschaffenheit der Oberflächenmoränen kund, welche hier eine in der Topographie ganz anders hervortretende Rolle spielen als in dem Küstengebiete. In dem letztgenannten muß das Landeis mit einem etwa 300 *m* hohen Steilabfalle in dem Meere gestanden haben. Oberflächliches Moränenmaterial dürfte unter solchen Umständen kaum auf dem Eise vorhanden gewesen sein, und die in den tiefern Schichten des Eises eingeschlossenen innern Moränen dürften zum großen Teile bei der Kalbung des Eises weggeführt worden sein. Die auf der Grundmoräne abgelagerten Moränenbildungen sind deshalb in diesem Gebiete meistens ziemlich zurücktretend; die oberflächlichen, lockern und sandigen Moränenbildungen, welche man in derartigen Gebieten gewöhnlich als Oberflächenmoränen bezeichnet, sind teils durch die Brandungen während der säkularen Landhebung umgelagerte Grundmoränen, teils dürften sie die tiefsten, zum Absatz gelangten Partien der Binnenmoränen des Landeises repräsentieren, in welchem Falle sie sich auch nicht besonders scharf von den oft wenig gepackten und gepreßten Arten der Grundmoränenbildungen abheben. Es ist in diesen Gegenden, wo die Moräne auf großer Meerestiefe gebildet wurde, wie schon oben angedeutet worden, nicht immer leicht, die Obergrenze der Grundmoräne festzustellen, da die letztere oft wenig gepackt ist und aus grandigem oder sandigem Materiale mit nur wenig abgenutzten Geschieben besteht. Wenn die Grundmoräne durch allmähliche Akkumulation aus den innern Moränen gebildet wurde, liegt in diesen ihren Eigenschaften nichts auffallendes, da sie ja in solchem Falle Übergangsformen dieser Art zeigen muß.

In den supramarinen Ablagerungsgebieten dagegen, wo das Eis eine allmähliche Verdünnung gegen die Grenze gezeigt haben muß, so daß die eingeschlossenen innern Moränen schließlich, wenigstens teilweise, als Oberflächenmoränen auf dem Eise zum Vorscheine kamen, und wo alles Moränenmaterial beim Abschmelzen des Eises auf den Boden abgesetzt wurde, haben diese supraglazialen Ablagerungen eine weit größere Bedeutung. Hier begegnet man oft ausgezeichneten Moränenlandschaften, durch ein unregelmäßig kleinhügeliges Terrain charakterisiert, wo vielgestaltige Hügel und Rücken mit moorigen Senken und kleinen Seen und Tümpeln ein chaotisches Durcheinander bilden. Die Hügel und Rücken zeigen auch in bezug auf das sie zusammensetzende Material einen bunten Wechsel. Blockbeladene und blockarme, sandige und lehmige Moränenhügel wechseln schnell und scheinbar ganz regellos miteinander, und fluvioglaziale Grand- und Schottermassen können entweder ganze Hügel aufbauen oder an ihrem Aufbaue beteiligt sein. Oft entwickeln sich scharfe kleine Rücken oder reihenförmig angeordnete Hügelrücken, welche eine Strecke lang eine vorherrschende Richtung in Über-

einstimmung mit der Gletscherbewegung behalten, um in ihrem weitern Verlaufe andere Richtungen einzuschlagen, oder sich in regellos verteilte Hügel aufzulösen. Diese Rücken wechseln auch betreffs des Materiales zwischen typischer Moräne und fluvioglazialartigen Massen. Obgleich diese Moränenhügel und Rücken gewöhnlich nicht größere Dimensionen erreichen, indem sie meistens eine Höhe von nur einigen Metern, selten von 10 bis 15 *m* haben, ziehen sie leicht die Aufmerksamkeit auf sich und können das Entdecken der Drumlinsmoränen, welche nicht so leicht auffallend topographische Formen darbieten, mehr oder minder erschweren.

Die von Högbom beschriebenen nordschwedischen Drumlinslandschaften zeigen, wie dieser betont, im Vergleiche mit den am besten entwickelten außerschwedischen Drumlinsgebieten einige Eigentümlichkeiten, die ihnen ein gewisses theoretisches Interesse verleihen. Sie sind nicht, wie anderswo gewöhnlich ist, an bestimmte, durch Endmoränengürtel markierte Stillstandsstadien der Eisverbreitung gebunden, sondern sie treten in Gegenden auf, wo sich die Wirkungen des Eises im ganzen weit mehr durch Erosion als durch Aufschüttung kundgeben. Es ist deshalb Moränenmaterial für den Aufbau von Drumlins nicht in solcher Menge wie in den peripherischen Teilen der großen Glaziationsgebiete vorhanden gewesen, und es war folglich oft nicht hinreichend zur vollständigen Überhüllung der Bodenerhebungen, welche den ersten Anstoß zur Bildung dieser Akkumulationsformen der Grundmoräne gaben. Als ein Ausdruck für die verhältnismäßig starke erosive Tätigkeit des Eises in den hier behandelten Gebieten dürfte auch das Vorherrschen stark langgezogener Drumlinsformen anzusehen sein. Auf dieselbe Ursache ist teils direkt, teils indirekt das häufige Hervortreten fester Gesteinskerne an den proximalen Enden der Drumlins zurückzuführen. Auch die Rundhöckerformen und die von der Gesteinsart und dem Streichen der Gneise unabhängigen langgezogenen Bergrücken bekunden eine nicht geringe erodierende Wirksamkeit des Eises, welche um so mehr auffallend ist, als sie, wenigstens im Küstengebiete, in eine Zeit verlegt werden muß, welche von der Bildungszeit der Drumlins nicht wesentlich verschieden sein kann.

Die Halbinsel Sabbioncello, welche einen Teil der Südküste von Dalmatien bildet, ist nur durch eine äußerst schmale Landenge, an welcher das Städtchen Stagno liegt, mit dem Festlande verbunden. Kein Geringerer als Erzherzog Ludwig Salvator weist nachdrücklich auf die Möglichkeit und Nützlichkeit der Durchstechung dieser Landenge hin. Die dalmatinische Küste wird bekanntlich von einer Reihe langgestreckter, schmaler, von Südost bis Nordwest streichender Inseln begleitet, die ehemals dem Festlande angehörten. Durch tektonische Störungen wurden Teile des Landes losgelöst; die schmalen Kanäle aber zwischen den Inseln werden gewöhnlich als ehemalige Längstäler aufgefaßt. Auf diese Weise sind die zahlreichen Inseln vom Quarnero an im Norden bis Ragusa im Süden entstanden. Stellenweise muß die Senkung des Terrains eine schwächere gewesen sein, so daß noch eine Verbindung mit dem Festlande geblieben ist, und so entstanden Halbinseln, die im allgemeinen dieselbe Form und Streichungsrichtung haben wie die Inseln. Das auffallendste Beispiel für diese Erscheinung bildet die mehr als 70 *km* lange und rund 342 *qkm* Terrain umfassende Halbinsel Sabbioncello (Peljesac), die schon im Altertume genannt wird und gut besiedelt gewesen sein muß. Die Griechen nannten sie Hyllis, und bei Dio Cassius und

Plinius kommt sie unter dem Namen Rhatanae Chersonesus vor. Dort, wo sich jetzt die Ortschaft Stagno Grande befindet, ist sogar schon auf der Peutingerschen Tafel ein „Turris Stagno" verzeichnet. Die ziemlich bergige Halbinsel schiebt sich mit ihren nordwestlichen Ausläufern zwischen die Inseln Lesina und Curzola, während ihr im Südwesten Meleda vorgelagert ist. Der Meeresarm zwischen Festland und Halbinsel im Nordwesten heißt Canale della Narenta und in seiner südöstlichen Fortsetzung Canale di Stagno Piccolo; von Südosten her greift der Canale di Stagno Grande tief in die Halbinsel ein, und das Terrain zwischen beiden Kanälen mit den Ortschaften Stagno Grande und Stagno Piccolo bildet den etwa $1^1/_2$ *km* breiten Isthmus, durch welchen die Halbinsel zurzeit noch mit dem dalmatinischen Festlande zusammenhängt. Tektonische Störungen in Form von Erdbeben kommen in Dalmatien noch immer vor; das bedeutendste Erdbeben in historischer Zeit scheint dasjenige vom Jahre 1667 gewesen zu sein, wobei unter anderm auch Ragusa stark gelitten hat. Das Gebiet der Landenge und die Kanäle sind vielfach versumpft und ungesund; die Bevölkerung leidet stark unter der Malaria, und wiederholt ist öffentlich auf diesen Übelstand aufmerksam gemacht worden; durch Baggerungs- und Aufschüttungsarbeiten ist seitens der Seebehörde in den letzten Jahren auch etwas geschehen. Die Bevölkerung glaubt aber, daß durch einen Kanal zwischen den beiden genannten Städten nicht nur die sanitären Verhältnisse sich bessern würden, sondern daß dadurch auch der Handel und der Verkehr wesentlich gehoben werden könnten. Die Idee, Sabbioncello zu einer Insel zu machen, ist nicht neu; schon zur Zeit der Franzosenherrschaft wollte General Marmont diese Arbeit unternehmen, aber mit dem Abzuge der Franzosen, die verhältnismäßig viele und große Kulturarbeiten in Dalmatien geschaffen haben, verlor sich auch das Interesse an diesem Unternehmen. Ernste Studien wurden erst 1894 durch die Marinesektion des Reichskriegsministeriums ausgeführt, und Erzherzog Ludwig Salvator hat jetzt in einem besondern Werke[1]) die Resultate dieser sorgfältigen Vermessungen dargestellt. Verfasser bespricht die eventuellen Vorteile eines solchen Kanales, wobei zu unterscheiden ist, ob es sich um einen Kanal handelt, der nur von den kleinen Küstendampfern zu benutzen wäre, wozu dann eine Tiefe von 3 *m* genügt, oder ob derselbe auch als Passage für Kriegsfahrzeuge dienen soll, in welchem Falle Tiefen von 8 bis 9 *m* das mindeste wären. Im letztern Falle wären die Kosten natürlich sehr bedeutend, aber es könnten dann Kriegsschiffe von Fiume an bis Gravosa fast immer den geschützten Weg zwischen Festland und Inseln nehmen mit Ausnahme der Stelle zwischen Sebenico und Spalato, wo eine plumpe Halbinsel weit vorspringt, deren äußerster Punkt aber, Punta Planka, stark befestigt werden soll. Bei starker Bora müßte aber für die

[1]) Über die Durchstechung der Landenge von Stagno. Prag 1906.

Schiffe doch der weitere äußere Weg, möglichst weit vom Lande enfernt gewählt werden. Auch unterseeische Felssprengungen sind sehr kostspielig, und dann müßte der Kanal beständig vor Verschlammung geschützt werden, da die Narentasedimente südwärts getrieben werden. Immerhin liegt hier eine sehr interessante Studie vor über ein Kulturwerk in Dalmatien, welches Land sicherlich lange Zeit hindurch das Stiefkind unter den österreichichen Provinzen gewesen ist.

Bergstürze in Italien. Eine Aufzählung solcher, die in neuester Zeit im Appennin und auf Sizilien stattgefunden haben, gibt Dr. R. Almagià.[1]) Hiernach haben Bergstürze auf der italienischen Halbinsel die größte Bedeutung, da sie in einigen sehr ausgedehnten, geologisch besonders gebauten Gebieten eine verbreitete und häufige Erscheinung bilden, welche durch ihr beständiges Wiederholen nicht unwesentliche morphologische Veränderungen hervorbringt.

Die wichtigsten Bergstürze, besonders diejenigen, welche Ortschaften und Straßen Schaden zufügen, sind fast immer in den Zeitungen erwähnt; oft ereignen sich aber auch große Erdstürze, welche keine schädliche Folge für Menschenleben haben und daher unbemerkt bleiben. Mit systematischer Erkundigung nach diesen Vorgängen befaßt sich seit einigen Jahren die Italienische Gesellschaft für Erdkunde in Rom, welche durch Sendung geeigneter Fragebogen in ganz Italien ein großes Material über die in den letzten Jahren bedeutendsten Bergstürze gesammelt hat.

Almagià hat aus diesem Materiale ein Verzeichnis der wichtigsten Ergebnisse in dem Zeitraume 1896 bis 1905 zusammengestellt. Aus demselben ist erwähnenswert der großartige Erdrutsch (April 1896) im Tale der Parma, welche einige Häuser der kleinen Dörfer Signatico und Curatico zerstörte.

Dieser Erdrutsch bildet die Wiederholung von ähnlichen Erscheinungen, die in den Jahren 1836 und 1879 sich ereigneten. Letztere Bewegung hat durch Versperrung der Parma einen 2 *km* langen See gebildet. Man mußte künstlich den Wässern einen Durchgang durch den Bergsturzwall öffnen; der See aber, erheblich verkleinert, dauert immer fort (Juli 1906).

Am 21. Dezember 1896 ereignete sich ein ungeheuerer, von den Bergen Spicchio (1665 *m*) und Santa Maria (1226 *m*) plötzlich losgetrennter Bergsturz; er begrub das Dorf S. Anna Pelago in der Provinz Modena (ca. 180 Häuser) und eine 2 *km* lange Strecke der Nationalstraße.

Über diese, wohl die bedeutendste in den letzten 50 Jahren stattgefundene Katastrophe dieser Art hat man viel geschrieben. Die Fläche des vom Bergsturze verheerten Gebietes schätzt man auf 7 *qkm*.

[1]) Petermanns Mitt. 1906. p. 211.

Das Dorf S. Anna war, wie es scheint, auf dem Ablagerungsgebiete eines viel ältern Bergsturzes aufgebaut.

Am 10. Juni 1901 ereignete sich ein Bergsturz bei Corniglio (Parmatal); zwölf Häuser wurden zerstört, und ein fast 2 *qkm* weites Gebiet mit Straßen, Feldern usw. gänzlich verheert. Bemerkenswert ist die Bildung von fünf oder sechs kleinen Seebecken bei dem Abrißgebiete, von denen die ausgedehntern noch immer vorhanden sind. Corniglio war schon am 12. November 1612 von einem Bergsturze schwer beschädigt worden.

Am 9. Juni 1903: Zerstörung des Dörfchens Vigo in der Provinz Bologna durch einen Bergsturz. Eine ähnliche Erscheinung hatte am 19. März 1852 stattgefunden.

Im Dezember 1905: Der große Erdrutsch bei Frassinoro (Tal des Dragone, Secchia), wegen der in den Jahren 1222, 1598 und 1717 verursachten Verheerungen berühmt, wiederholt seine Bewegung und zerstört alles auf seiner Strecke.

Vom 19. bis 20. September 1905 stürzte ein Teil des Berges von S. Paolina über Sutera (Sizilien) ab; das ganze Dorf Giardinelli und einige Gebäude des Hauptortes wurden schwer beschädigt. Der Felssturz wurde von Schwefelminen am Fuße des Berges verursacht.

„Charakteristisch," bemerkt Dr. Almagià, „für mehrere unter den wichtigsten Bergstürzen der apenninischen Halbinsel ist die periodische Wiederholung der Erscheinung. Man zählt viele Beispiele von Dörfern, die zwei- oder dreimal dieselben Verheerungen erlitten haben.

Unter den gewöhnlichsten Folgen der großen Bergstürze ist die Bildung von Seebecken durch Absperrung zu zählen, welche Seen oft bedeutende Ausdehnung und langjährige Dauer haben. Das bekannteste Beispiel dieser Art ist vielleicht der kleine See von Alleghe im Cadore, welcher durch einen Bergsturz vom Spitzberge im Jahre 1771 gebildet wurde; ein noch älteres und bedeutenderes Beispiel haben wir im See von Scanno (Abruzzen), dessen Ursprung in einem prähistorischen Bergsturze, welcher den Lauf des Sagittario (Aterno) unweit von seiner Quelle absperrte, zu suchen ist. Sehr häufig sind auch die Bildungen kleinerer Seen im Abtrennungsgebiete der Bergstürze."

Die Schwemmlandküste des Arno. Dr. R. Hunger veröffentlichte eine interessante Studie, in welcher er am Arno den Versuch einer Begrenzung des Küstensaumes nach innen macht.[1]) Die behandelte Küste ist eine Art Deltaküste, die ihre Entstehung einerseits der Sedimentation der Flüsse Magra, Serchio und Arno verdankt, anderseits der durch die vorwiegenden Winde bedingten Küstenversetzung; es ist die Küstenstrecke des tyrrhenischen Meeres zwischen

---

[1]) Mitt. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1905. Leipzig 1905.

Spezia und Livorno. Bei der Durchsichtigkeit des geologischen Aufbaues dieser Gegend handelt es sich bei diesem Versuche um eine Abgrenzung, die auf die Morphologie und Geologie zurückgeht; diese Methode verlangt aber unbedingt einen Einblick in die Entstehung und die Geschichte der Entwicklung des zu untersuchenden Küstenstreifens, die Verfasser deshalb, gestützt auf die zugängliche Literatur, zunächst eingehender behandelt.

Das interessanteste Phänomen an der heutigen Küste ist ihr rasches Vorrücken in das Meer hinaus. Eine zahlenmäßige Bestimmung der Geschwindigkeit dieses Vorschreitens ist von Stefani auf Grund von fünf historischen Daten für die Arnomündung versucht worden, wobei er zu dem Resultate kommt, daß in drei Perioden von etwa 900, 500 und 400 Jahren der Zuwachs auf 2217 *m*, 2683 *m*, 3765 *m* anzusetzen sei, woraus sich als mittlerer Zuwachs 4,71 *m* im Jahre ergeben würde.

Indessen ist dieser Zuwachs sehr unregelmäßig, an einigen Stellen findet sogar Vordringen des Meeres in das Land hinein statt. Indessen läßt sich nachweisen, daß von 1659 bis 1878 der Strand am Südhafen von Viareggio einen Zuwachs von 7,98 *m* aufweist. Nicht minder interessant als diese Ermittlung der Geschwindigkeit des Vorrückens der Küste in der Richtung von Osten nach Westen, also auf einer Linie, wäre die Gewinnung einer Zahl, die auch die angeschwemmte Fläche der Größe nach bestimmen würde. Verfasser konnte wenigstens für die linke Seite der Arnomündung nach den auf dem Katasteramte zu Pisa ausgeführten Messungen diesen Zuwachs der Fläche bestimmen. Es ergab sich hier auf einer Strecke von 2800 *m*, bis wohin ein Ansetzen sich verfolgen ließ, in 53 Jahren ein Flächenzuwachs von 252 382,56 *qm* oder in einem Jahre ein Zuwachs von 4761,93 *qm*. Würde man eine so für die ganze Küste gewonnene Zahl dieser Zuwachsfläche auf ein Rechteck verteilen, dessen eine Seite die heutige Küstenlänge darstellt, so würde die Zahl für die andere Seite gleichfalls den linearen Zuwachs ergeben, den man dann mit der auf die erste Art und Weise gefundenen Zahl vergleichen könnte. Für die linke Arnoseite ergäbe sich aus den mitgeteilten Zahlen z. B. ein mittlerer Zuwachs nach rechts von 1,70 *m*, was einem Abdrängen des Flusses nach Norden zu entsprechen würde.

Der Tian-Schan oder das Himmelsgebirge. Eine Darstellung der geophysikalischen Verhältnisse des zentralasiatischen Himmelsgebirges (Tian-Schan) gab auf Grund der bisherigen Kenntnisse und einer in den Jahren 1902 und 1903 ausgeführten Forschungsreise in den zentralen Tian-Schan Dr. G. Merzbacher.[1])

Der Tian-Schan ist ein Kettengebirge von etwa 2000 *km* Länge, das seine mächtigste Entwicklung als eigentliches Hochgebirge im

[1]) Zeitschr. d. Deutschen u. Österreich. Alpenvereins Jahrg. 1906. 37. p. 121 ff.

strengen Sinne zwischen 41 und 43° nördl. Br. aufweist. Sein Bau ist weit einfacher als der der Alpen. „Dafür," sagt der Verfasser, „treten aber die Einzelglieder in um so gewaltigerer Skala auf. Wir sehen oft auf ungeheuern Strecken, die sich mit einem Male gar nicht überblicken lassen, die gleichen Verhältnisse im geologischen Baue und in der Anordnung der Glieder, sowie in dem davon abhängigen Bewässerungssysteme auftreten. Es wirkt also in der äußern Erscheinung weiter Teile des Gebirges mehr eine ungeheuere, geradezu erdrückende Wucht der Massen als eine Mannigfaltigkeit der Einzelerscheinungen. Die Hauptachsenrichtung des Gebirges ist eine vorwaltende Ost- zu Nordwest- zu Südrichtung. Gegen Westen findet eine fächerförmige Verzweigung der hauptsächlichen Parallelketten statt, nach Osten ein Zusammendrängen der Einzelzüge, von welchen die nördlichen sanft nach Norden, die südlichen hingegen nach Süden geschwungene, flache Bogengestalt annehmen. Dieser Bildung von parallelen Längsketten entspricht auch im allgemeinen das Entwässerungssystem des Gebirges, nämlich Längstallauf der bedeutenden Ströme, von denen nur einer, in seinem Unterlaufe in Quertalrichtung übergehend und die Ketten durchbrechend, eine Ausnahme macht.

Das Entwässerungssystem des Tian-Schan ist aber ein kontinentales, da von den gewaltigen Wassermassen, die auf seinen ungeheuern Firn- und Eisregionen geboren werden, kein Tropfen das Weltmeer erreicht. Die Flüsse nehmen zum Teil sogar schon im Gebirge den Charakter von Steppenflüssen an, und bei ihrem Austritte versiegen sie in den gewaltigen Schuttansammlungen, welche als Ergebnis einstiger glazialer Epochen und mehrfach unterbrochener, wasserreicher Zeitläufte, teils auch infolge der dem jetzt herrschenden kontinentalen Klima entsprechenden, ungeheuern thermalen Gegensätze und der dadurch hervorgerufenen, gewaltig gesteigerten Gesteinszerstörung als ein breiter Gürtel von ungeheuerer Mächtigkeit das Gebirge rings umlagern. Teilweise sammeln sich die Ausflüsse auch in Randseen: im Balchasch, Ala-kul, Ebi-nor im Norden, Baba-kul, Bagrasch-kul und endlich Lop-nor im Süden.

Eine Folge des das Gebirgssystem des Tian-Schan umfassenden Schutt- und Wüstengürtels ist es, daß die Besiedelung schon am Rande des Gebirges auf gewisse, an die Flußläufe gebannte Oasen beschränkt bleibt. Im Innern entwickelten sich menschenreiche Niederlassungen nur in den großen, Feuchtigkeit ansammelnden Senkungsbecken: Ferghanna, Issyk-kul und Ili. Nur einige wenige Täler innerhalb des Gebirges weisen eine ständige Besiedlung auf; die meisten werden vielmehr von nomadisierenden Kirgisen und Mongolen (Kalmaken) mit ihren Herden, und auch dies zum Teile nur ganz flüchtig, durchzogen. Große Teile des Gebirges, selbst durch treffliche Alpenwiesen ausgezeichnete, langgestreckte Täler bleiben auch sogar während des größten Teiles des Sommers menschen-

leer. Dieses Verhältnis im Zusammenhalte mit dem Umstande, daß es hier auch keine Straßen, keine Brücken, keine Unterkunft gibt, wird schon einige Vorstellung von der Eigenart des Reisens im Tian-Schangebirge erwecken.

Auch in vertikaler Entwicklung übertrifft der Tian-Schan unsere Alpen bei weitem, und zwar findet im großen ganzen von Westen nach Osten ein allmähliches Ansteigen der mittlern Kammhöhe gegen den Zentralteil hin statt, von dem aus die Ketten in ihrer Kammerhebung gegen Osten zu allmählich wieder abnehmen. Ebenso macht sich in der Gesamterhebung der einzelnen Kettenzüge ein Ansteigen von Norden nach Süden bemerkbar, worauf nach Erreichung der gewaltigsten Höhe in einer der innersten Ketten das Gebirge wieder stufenförmig nach Süden abdacht. Von einem mauerartigen Abbruche gegen Süden aber, von dem bisher in den Berichten von Reisenden erzählt wurde, kann tatsächlich, wenigstens allgemein gesprochen, keine Rede sein.

Wie erwähnt, war der Zentralteil des Gebirges Schauplatz der Forschungen des Verfassers. „Die mittlere Kammhöhe dieses Abschnittes," sagt Dr. Merzbacher, „übertrifft die unserer Alpen um etwa 2000 *m*, und die Zahl der Gipfel, welche in den innern Ketten des zentralen Tian-Schan sich über 6000 *m* erheben, ist Legion. Die höchste Höhe erreicht das Gebirge in der wunderbar schroffen, eleganten Pyramide des Khan-Tengri, die, bis zu 7200 *m* ansteigend, um mindestens 800 *m* über alle andern Gipfel hinausragt, ein Verhältnis, das in dem umliegenden Panorama deutlich hervortritt. Wenn überhaupt je der viel mißbrauchte Vergleich mit einem Könige und Herrscher auf einen Berggipfel angewendet werden darf, so ist er hier am Platze: Ohne jeglichen Rivalen strebt die eindrucksvolle Berggestalt über Tausenden von eisgepanzerten Gipfeln thronend, empor. Im Gegensatze zu diesen durchaus vergletscherten Bergen ihrer Umgebung zeigt die Pyramidengestalt des Kahn-Tengri an dreien ihrer zu Tale sinkenden Riesenwände, infolge deren enormer Steilheit, viel prallen Fels, Eis aber nur in den Rinnen und Vertiefungen der Steilmauern.

Wer jemals dieses unvergleichliche Denkmal von Schönheit und überwältigender Formengewalt am Firmamente sich profilieren sah, der wird begreifen, warum ihm die in seinem Bannkreise lebenden Völker den Namen „Kahn-Tengri" (Herr des Himmels, mongolisch) verliehen haben."

Dieses Höhenverhältnis des Kahn-Tengri zur Gesamtmasse des Gebirges ist ein ganz ausnahmsweises; man findet dergleichen sonst nur bei Gebirgen, aus deren Masse isolierte vulkanische Kegel herausragen (Elbrus im Kaukasus, Demawend im Albursgebirge, die vulkanischen Kegel der Anden usw.).

Indessen haben die Forschungen Dr. Merzbachers ergeben, daß dieser Gipfel ebenso wie die Zentralachse des zentralen Tian-Schan

nicht aus kristallinischen, sondern aus sedimentären Gesteinen aufgebaut ist. „Allerdings," sagt der Verfasser, „ist zu erwähnen, daß granitische und verwandte Tiefengesteine verschiedenen Alters im Baue der einzelnen Ketten in großen Massiven eine bedeutende Rolle spielen, aber vielfach werden sie von den in noch weit gewaltigern Massen auftretenden Sedimenten, hauptsächlich karbonischen Alters, transgredierend überlagert. Diese auch vielfach umgewandelten Sedimente treten im Baue der höchsten Teile des Gebirges alleinherrschend auf und werden vielfach von jüngern Eruptivgesteinen durchsetzt. Trias, Jura und Kreide konnten bisher, wenigstens im Baue des zentralen Tian-Schan, nicht nachgewiesen werden, sondern nur in den äußern Gebirgsteilen. Der zentrale Tian-Schan stand demnach unter dem Einflusse einer sich über ungeheuer lange Zeiträume erstreckenden Kontinentalperiode, ein Umstand, der die uns heute vor Augen tretenden Eigentümlichkeiten seines Reliefs, durch welche er sich von andern Gebirgen in charakteristischer Weise unterscheidet, erklärlich macht. Erst in der Tertiärperiode war die Masse des Gebirges wieder von ausgedehnten Gewässern umgeben, die auf ungeheure Strecken verbreitete Ablagerungen hinterlassen haben; diese umlagern das Hochgebirge in gewaltigen Mengen, in Gestalt verhältnismäßig niederer Ketten von hauptsächlich tonigen und Mergelgebilden, sowie von Konglomeraten verschiedener Art und Entstehung. Es ist höchst wahrscheinlich, daß an den meisten Stellen diese Wassermassen, wenigstens in der spätern Tertiärperiode, in keinem Zusammenhange mit einem Weltmeere gestanden haben und vielmehr als abflußlose, große Binnenmeere anzusehen sind."

Die große chinesische Tiefebene, schildert auf Grund eigener Studien an Ort und Stelle Dr. E. v. Cholnoky.[1])

Sie verdankt ihre Entstehung höchstwahrscheinlich jenen großen Senkungen, welche in dem V-förmigen Winkel der nordchinesischen und südöstlichziehenden Tsin-ling-Huai-Schan-Bergketten vor sich gingen. Dort, wo sich die divergierenden Gebirgssysteme einander wieder näher traten, umschließen sie das zerklüftete Plateau von Schan-hsi und Schen-hsi, dessen lößbedeckte Hochebenen zu den fremdartigsten Gegenden der Erde gehören.

In größerm Maße nehmen die Senkungen auf der Linie 114° östlicher Länge von Greenwich zu, welche sich bis Korea ausbreiten. Aus dieser großen Senkung erhebt sich bloß Schan-tung gleich einer Insel, und Liau-tung ähnlich einer großen Halbinsel.

Jene große Bruchlinie mit nord-südlicher Richtung, entlang welcher das Hochplateau von Schan-hsi gegen das große chinesische Tiefland zu endet, wird zwischen Tschön-ting-fu und Peking durch eine solche von SSW—NNE-Richtung ersetzt, bei Peking aber, wie es scheint, von einer Bruchlinie anderer Richtung abgelöst, denn hier wird die nördliche Grenze der Ebene durch eine unregelmäßige Linie gebildet, welche im großen ganzen eine ost-westliche Richtung beibehält.

Im südlichen Teile der Mandschurei tritt die Grenze der Senkung wieder deutlicher hervor. Das Tiefland des Liau-ho samt dem Golfe von Petschili,

---

[1]) Gaea 1906. p. 472.

wird von zwei mächtigen Bruchlinien begrenzt, die ich aus eigener Erfahrung kenne. Eine derselben zieht nordöstlich entlang dem Ufer des Petschiligolfes, vereinigt sich dann bei Kirin mit der zweiten Linie, welche, von den Vulkaninseln Miau-tau ausgehend, am westlichen Ufer der Liautunghalbinsel durch Mukden gegen die Täler des Sungari und Amur zu ziehen scheint. Diese Bruchlinie wurde schon durch v. Richthofen konstatiert, auf seinen Karten aber in etwas zu starken Umrissen registriert. Längs dieser Bruchlinie führte mein Weg von Kirin nach Mukden, und konnte ich gelegentlich dieser Reise die überaus wichtige Rolle dieser Linie an Ort und Stelle studieren. Mit ihr nimmt das komplizierte Bergland der Mandschurei gegen die Tiefebene des Daur zu jäh ein Ende. Ebenfalls von den Miautauinseln geht der zweite, der Liau-tung-bruch aus, welcher die Halbinsel von Südosten begrenzt und Korea gleichsam von der Mandschurei lostrennt, da er sich gerade an der Grenze hinzieht. Diese ausgedehnten, sich unter sehr spitzem Winkel schneidenden Bruchlinien verleihen der nordöstlichen Grenze der großen Senkungsebene jene eigentümlich buchtig zerrissene Gestalt, und ist eben dieser Umstand ein Grund, daß wir in tektonischer Hinsicht auch noch das Alluvium des Liau-ho zum großen chinesischen Tieflande rechnen, ja sogar den Golf von Petschili, der als maximale Tiefe nirgends mehr aufweist als 32 *m*, hierher zählen müssen.[1])

Der Schneidepunkt der beiden konvergenten Bruchlinien von Liau-tung ist auf den Miau-tauinseln und dem nördlichen Gipfel des Schan-tung durch rege vulkanische Tätigkeit gekennzeichnet.

Wie es scheint, wird durch die vereinten Bruchlinien auch Schan-tung in zwei voneinander verschiedene Stücke zerlegt, das Gebirgssystem der östlichen, eigentlichen Halbinsel ist dem von Nordkorea ähnlich; die Gebirge auf dem südwestlichen Teile der Halbinsel sind auf ein weiteres Gebiet verbreitet und weisen nach den Beschreibungen und Untersuchungen v. Richthofens ganz dieselbe Schollenstruktur auf, wie das Hochland von Schan-hsi.

Schan-tung blieb demnach über der allgemeinen Senkung als eine Scholle zurück, deren aus archäischen Gesteinen bestehende Berge von jüngern Ablagerungen oder dem Meere umgeben sind.

Die Südgrenze des Tieflandes können wir heute noch nicht einmal mit solcher Bestimmtheit bezeichnen, als die oben genannten. Die nördlichen Hänge des Huaigebirges senken sich allmählich herab zur Tiefebene. Östlich vom Huaigebirge sind uns weder die Terrain-, noch die geologischen Verhältnisse so weit bekannt, daß wir die Grenze bestimmen könnten. Bei Nan-king ist dies teilweise wieder möglich. Hier wenden sich nämlich die SW—NE streichenden Berge mit jäher Biegung plötzlich in eine westöstliche Richtung, um dann auch zu enden.

Ähnlich den erstern nehmen auch Berge im südlichen Gebiete des Jangtsekiang, um den Tai-husee, jäh ein Ende.

Hier läßt sich die Grenze mit genügender Sicherheit ziehen.

Zum großen chinesischen Tieflande müssen wir auch noch jene schmale Ebene rechnen, welche sich entlang dem südlichen Ufer des Ha-ngtschou-Busens zu Füßen der Berge hinzieht. Auch hier enden die Berge jäh, längs einer Bruchlinie; von hochgelegenen, horizontal gelagerten Konglomeratschichten sah ich hinab auf das weit unter mir liegende flache Gebiet. Nach dieser kurzen Umgrenzung des Tieflandes gehe ich auf dessen Hydrographie über.

Wie überall, so werden auch hier die aus höhern Bergregionen kommenden schon entwickelten Flüsse bei ihrem Eintritte in das Tiefland von Schuttkegeln begleitet. Dies wird durch plötzliche Verminderung des Gefälles hervorgerufen. Den Lauf der Flüsse im Tieflande kennzeichnet der große Transport der Sinkstoffe, das schnelle Steigen ihrer Hochwässer, welche eben so schnell wieder abnehmen, sowie ein ausgedehntes Delta, — mit einem Worte diese

[1]) Siehe Cholnoky: Dél-Mandsuország orotektonikai viszonyainak rövid összefoglalása. Földtani Közlöny **29**. 1899.

Flüsse, seien sie auch noch so groß, besitzen einen Wildbachcharakter. Ausgenommen den Jangtsekiang, sind alle Flüsse des großen Tieflandes so geartet, und sind eben deshalb die Wasserverhältnisse dieser Ebene für die Kultur und Bequemlichkeit des Menschen von keinerlei Vorteil. Der Wildbachcharakter kommt hauptsächlich beim Hoang-ho zum Ausdrucke, jedoch nicht minder beim Pei-ho, welcher bei Tien-tsin in das Meer mündet, desgleichen beim Huai-ho, welcher sich an der südlichen Grenze des Tieflandes in den großen Hung-tsisee ergießt.

Der Pei-ho entspringt im Berggebiete der nördlichen Tschili, übersät die Ebene bei Peking mit einer mächtigen Schuttdecke, wendet sich dann südlich durch eine von Überschwemmungen stetig heimgesuchte Gegend, nimmt bei Tien-tsin den viel größern Hun-ho auf, der ein vollkommenes Abbild des Pei-ho ist, vereint sich außerdem noch mit dem Hun-to-ho und Vei-ho,[1]) welche in südwestlich-nordöstlicher Richtung einen langen Weg durch das Tiefland zurücklegen. Die vom Hochlande des Schan-hsi herabströmenden Flüsse haben im nördlichen Teile der Ebene mit den beiden letztgenannten eine eigentümlich südwest-nördliche Richtung gemein. Es scheint, als würde die Neigungslinie der Ebene vom Eintritte des Hoang-ho in das Tiefland ausgehen und durch dieses mit dem Stromungeheuer zusammen in starrer Richtung nach dem Golfe von Petschili laufen.

Diesem Bilde gleicht auch das Flußnetz des südlichen Tieflandes mit dem Unterschiede, daß dieses ein Spiegelbild des erstern ist; auch hier eilen die Flüsse in gerader, starrer Richtung aus der Umgebung Kai-föng-fus nach Südosten und erreichen, größtenteils noch getrennt voneinander, die Peripherie des Tieflandes, woselbst sich der Huai-ho an die Füße der Berge schmiegt. Zu diesem südlichen Teile gehört auch das alte Bett des Hoang-ho, welches von Kai-föng-fu bis an das Meer keinen einzigen Nebenfluß mehr aufnimmt, ja Flüsse, welche in dessen nächster Nähe entspringen, eilen in einer entgegengesetzten Richtung weiter, fächerartig auseinander und suchen, getrennt voneinander, eine Mündung an der Grenze des Tieflandes. Jene Ebene, von welcher diese Flüsse nach allen Richtungen hin strömen, muß eine kegelartige Gestalt mit sehr gelinder Neigung besitzen. Die Spitze dieses Kegels bezeichnet der Austritt des Hoang-ho aus den Bergen, der Kegel selbst aber ist der Schuttkegel desselben Flusses.

Eine Riesenarbeit bewältigt dieser Fluß, indem er von den Lößgebieten des Schan-hsi- und Schen-hsihochlandes die Trümmer der Spalten und Risse mit sich in das Tiefland führt, um dort ganze Reiche zu begraben.

Jedoch nicht allein der Hoang-ho, sondern alle Flüsse und Bäche sind in gleicher Weise tätig. Der Pei-ho, Hun-ho, Hu-to-ho, Tschang-ho, alle bedecken ihre Umgebung mit mächtigen Schuttkegeln dort, wo sie aus ihren cañonartigen Tälern hinaus in die Ebene treten.

Von ihren Schuttkegeln kommen die Flüsse in das Tiefland, welches sie zur Zeit des Hochwassers mit alluvialen Ablagerungen bedecken. Dieser Teil des Tieflandes war jedoch augenscheinlich schon von Beginn an nichts anderes als ein durch die Flüsse mehrfach aufgefülltes Delta, an dessen Bildung auch heutzutage noch durch diese bei ihren Mündungen in riesigem Maße gearbeitet wird.

Das heutige chinesische Tiefland wurde erst im späten Tertiär durch Zurücktreten des Meeres freigelegt. Die ganze chinesische Tiefebene, ja das ganze ostchinesische Senkungsgebiet wird durch ziemlich breite Abrasionsplateaus eingerahmt. Besonders schön ist dieser Plateaustreifen am westlichen Ufer des Liau-tungbusens, dem sogenannten Liau-hsi. Hier zieht sich ein 40 bis 50 *m* hohes, aus archäischen Gesteinen bestehendes Plateau dem Meere

[1]) In Nordchina ist die chinesische Bezeichnung des Flusses „ho", da der größte Teil von ihnen unschiffbar ist, nennt man sie auch im südlichen China „ho", während die schiffbaren Flüsse „kiang" genannt werden.

entlang, welches so entstand, daß die einstigen Anhöhen vom Meere weggewaschen, von den Wellen abgehobelt wurden. Ein ähnliches Bild zeigt sich uns nördlich und nordöstlich von Peking, am Rande des großen Tieflandes. Doch gelang es, diese Felsplateaus auch zu Füßen des Schan-hsihochlandes entlang des ganzen Gebirges nachzuweisen. Von Peking bis zur Hoang-hoebene, dann in enormer Ausbreitung an den nördlichen, ja sogar südlichen Abhängen des Huaigebirges. An den nördlichen Abhängen verschwanden Ketten von beträchtlicher Höhe, sie wurden zu Plateaus abgehobelt, und nur die härtesten Quarze und vulkanischen Gesteine widerstanden dieser allgemeinen Abrasion. Nach den wenigen Daten, die mir zur Verfügung stehen, ist auch Schan-tung von einer solchen Abrasion umgeben, welche bei Wladiwostok, ja sogar im entfernten Süden, in der Inselwelt um Malakka, deutlich erkennbar ist.

Diese Felsplateaus sind in einem Niveau mit solchen Süßwasserbildungen, welche ebenfalls nicht alluvialen Ursprunges sind, somit also zu den Plateaus gehören.

Die fruchtbarsten, mit Löß bedeckten Gebiete des chinesischen Tieflandes ziehe ich ebenfalls in den Bereich des Plateaus, auch wird ein Teil der Plateaus und des wirklichen Tieflandes von ihnen bedeckt.

Diese dreifachen Anhöhen, geschützt vor dem Hochwasser der Flüsse, bilden die erste, innerste Zone der chinesischen Tiefebene.

Die zweite Zone wird durch die Schuttkegel gebildet. Die dritte endlich umfaßt die Deltas der Flüsse. Das Delta des Pei-ho, zu dessen Aufbau der Hoang-ho sehr viel beigetragen, denn nach den ältesten historischen Aufzeichnungen soll letzterer hier ins Meer gemündet haben, beginnt bei oder schon oberhalb Tien-tsin. Der Vei-ho fließt in seinem untern Laufe wahrscheinlich auf Deltabildungen oder an der untern Grenze solcher. Der Hoang-ho scheint schon unterhalb Tsinan-fu auf seinem Delta zu fließen, welches er jedoch nach Berichten von Elias Ney gelegentlich seiner Überschwemmungen in großem Maße auffüllt.

Südlich von Schan-tung können wir die Grenzen der Deltas mit viel größerer Sicherheit ziehen. Jene schmale Tieflandstrecke am südlichen Ufer des Hang-tschoubusens, welche man so schwer gegen die Flutbrandung (Mascaret) des Hang-tschoubusens schützen kann, ist nichts anderes als ein Delta des Tsien-tang-kiang und einiger anderer Flüsse. Jenes große Dreieck zwischen dem Hang-tschoubusen und dem Jang-tse-kiang, auf welchem Schang-hai liegt, ist ausschließlich nur ein vereinigtes Delta des Jang-tse-kiang und des Tsien-tang-kiang, welches durch sein vorwärts gerichtetes Wachstum schon unzählige Felsinseln an das Festland fügte. Nördlich des Jang-tse-kiang bis zu den großen Seen ist das Gebiet ebenfalls nur ein Delta des Jan-tse. Im Norden der großen Seen, bis zu den Höhen von Schan-tung breitet sich das zweite, das südliche Delta des Hoang-ho aus, zu dessen Entstehung auch der Huai-ho beigetragen. Die Verwachsung des Hoang-ho- und Jang-tsedeltas führte zu der Einschließung des Beckens der großen Seen.

Der Pei-ho fließt träge in scharfen Wendungen dem Meere zu; sein Bett ist dabei so voller Sandbänke, voller Untiefen, daß zwei Dampfboote sich kaum ausweichen können. Vordem gingen die Dampfer bis hinauf nach Tien-tsin, heute ist der Fluß nur mehr bis Tong-ku schiffbar.

Um Tien-tsin ist der Fluß schon eingedämmt und auch stromaufwärts von Dämmen begleitet, doch sind diese keineswegs in solchem Stande gehalten, daß sie gelegentlich eines Hochwassers Schutz bieten könnten. Ich hatte Gelegenheit, riesige Überschwemmungen zu jeder Zeit (Frühling, Sommer und Winter) zu beobachten, als ich in jener Gegend reiste.

Verläßt der Wanderer diese Inundationsgebiete, so betritt er ein intensiv bewirtschaftetes, sandiges Gebiet, welches sich jedoch als nicht besonders fruchtbar erweist, da es aus kaum gebundenem, losem Flugsande besteht. Stellenweise zeigte diese Gegend einen ausgesprochenen Wüstencharakter.

Nördlich von Tung-tschou ist der Pei-ho schon schwer schiffbar, und höchst selten wagt sich ein Schiff bis Mi-jün-hsien. Hier ist das Inundationsgebiet außerordentlich breit, mit Sand und Kies bedeckt; während ich das Bett des Flusses bei mittlerm Wasserstande mittels eines Fuhrwerkes überschritt, fand ich die Wassermassen des Flusses annähernd 10 m^3, sek. Stundenlang fuhren wir auf sandigem, hier und da schotterigem Überschwemmungsgebiete, bis endlich höhere Uferlinien auftauchten. Diese Gebiete sind sozusagen aller Kultur bar. Ein ganz anderes Bild zeigen die Plateaus. Hier ist jeder Zoll des Bodens bewirtschaftet, jede Unebenheit terrassenförmig geregelt und überall mit der üppigsten Vegetation bedeckt.

Das soeben Gesagte gilt auch für das Tiefland nördlich und südlich vom Hoang-ho. Auf den mit Löß bedeckten Gebieten entwickelte sich eine wunderbar intensive Kultur; die Bevölkerung ist dicht, mit einem Worte diese Gegend ist eine der schönsten der Erde. Doch verlassen wir die gewöhnlich schroff abfallenden Lößgebiete und betreten das Schuttkegelterrain der Bäche, dann ist es auch mit der Kultur, wenigstens in ihrer intensiven Form, vorüber, und man sieht sich wieder inmitten einer kleinen Wüste.

Die Kultur der harten, durch marine oder Süßwasserablagerungen gebildeten Felsterrassen ist bei weitem nicht so üppig als die der Lößplateaus. Auch ist ihr Fruchtbarkeitsgrad ein viel geringerer als der des Löß, ausgenommen diese Terrassen bestehen aus einem lockern, sandigen Gebilde. Südlich in der Gegend des Huai-ho finden wir statt der Sand- und Lößgebiete wieder Überschwemmungsterrain, auf dem sich riesige periodische Seen befinden. Ich reiste während des Winters durch diese Gegend, also zur trockensten Jahreszeit, da keinerlei Wasser jene Flächen bedeckte, doch wurde das torfige Land überhaupt nicht bearbeitet, und weder Baum, noch Strauch störte die Eintönigkeit des Horizontes. Selbst das Gras schlägt nur spärlich Wurzel in diesem Boden (zwischen Ju-ning-fu, Tschön-tschou-fu und Jing-tschou-fu). und das überaus untröstliche Bild erinnert sehr an die Mündungsgegend des Pei-ho.

Der Hoang-ho erreicht mit starkem Gefälle das chinesische Tiefland. Sein Oberlauf ist, ausgenommen den Abschnitt in der Wüste Ordos, überall voller Schnellen und Wirbel und fließt sogar noch bei Möng-schan, wo er schon die chinesische Tiefebene erreicht hat, noch immer mit einer für die Schiffahrt hinderlichen Schnelligkeit. Längs seinen Ufern ziehen sich hier noch steile Lößwände hin, denen der Fluß jenes riesige Schuttmaterial entnimmt, mit welchem er die Ebenen überdeckt. Mit großer Schnelligkeit eilt er von seinem Schuttkegel herab; sein Bett enthält eine Menge Sandbänke.

Der Fluß wird zwischen mächtige Schutzdämme gedrängt, füllt aber dabei sein Bett immer mehr auf, so daß dieses beiläufig 11 *m* höher zu liegen kommt, als die ursprüngliche Überschwemmungsfläche; sein Mittelwasserstand beträgt 3.5 *m*. Die Folge dieser auffüllenden Tätigkeit ist eine stete Richtungsänderung des Flußlaufes. Nach chinesischen Aufzeichnungen soll er schon unzählige Richtungen eingeschlagen haben, und es vergehen nicht 100 Jahre, so hat er sich wiederum ein neues Bett gesucht. Zuletzt wurde in den fünfziger Jahren das Bestehen dieser oszillatorischen Bewegung festgestellt.

Die Schlammenge des Flusses, sowie seine Wasserzuführung, ja sogar die Verhältnisse seines Gefälles zeigen einen wesentlichen Unterschied gegenüber den Flüssen unseres Vaterlandes, ja sogar allen größern Srömen Europas, was aber seinen Charakter anbelangt, können wir ihn nur mit einem Wildbache vergleichen. In seinem Oberlaufe ist das Gefälle ziemlich groß, welches jedoch später nicht in dem Maße abnimmt, wie man das nach dem Kartenbilde des Flußlaufes in der Ebene erwarten würde, der Fluß eilt eben auf seinem mächtigen, weite Strecken des Landes begrabenden Schuttkegel in das Meer.

Offenbar begannen die Flüsse durch Deltabildung die seichten Meere auszufüllen, als das stehende Wasser die Uferterrassen verließ. Diesen Prozeß förderte noch der atmosphärische Staub, welcher besonders das Niveau der

frühern Deltas zu jenen Terrassen zu erheben bestrebt war, welche sich an die Abrasionsfelsterrassen anschließen. Wo Flüsse die Deltas überfluteten, konnte sich kein Löß bilden, es wurden daselbst aus dem Transporte der Flüsse Schuttkegel aufgebaut, unter ihnen sei an erster Stelle der des Hoang-ho erwähnt, welcher den einstigen Huai-king-fumeerbusen dritthalbhundert Meter über den Meeresspiegel erhob.

Während dem Aufbaue des Schuttkegels wird durch den Fluß bald die Nord-, bald die Südseite mehr aufgefüllt, so daß, als infolge des angehäuften Schuttes die nördliche Seite zur Ableitung der Wassermassen weniger geeignet war, als die südlich von Schan-tung, der Fluß hauptsächlich in dieser Richtung abwärts strömte. Auf diese Weise entsteht die oszillatorische Richtungsänderung des untern Flußlaufes.

Neben des Aufbaues seines Schuttkegels arbeitete er jedoch auch noch an der Erweiterung des Deltas, indem er bald im Golfe von Petschili, bald südlich der Halbinsel von Schan-tung, einen kleinen Streifen Landes dem Ufer anfügte. In diesem Bestreben ist ihm der Pei-ho im Norden, der Huai-ho aber im Süden behilflich, welcher im Vereine mit dem Jang-tse-kiang und Hoang-ho jene mächtigen Ebenen fluviatiler Akkumulation erbaute. Heute begrenzt die chinesischen Ufer von Schan-tung bis Hang-tschou-fu, in einer Breite von 5°, ein wirkliches Delta, dessen größter Teil jedoch, was seine Kultur betrifft, zum Tale des Jang-tse-kiang zu zählen ist."

Die Wüste. Prof. Joh. Walther gab in der Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig auf Grund eigener und fremder Forschungen ein Bild der heutigen Anschauungen über die Wüstenbildung.[1]) Während die meisten Festländer der Erde durch ein Drainagesystem von dauernden Flußläufen nach dem Meere entwässert werden, ist ein Fünftel der Erdoberfläche abflußloses Gebiet. Diese in der Regenarmut, in der Gestaltung und Beschaffenheit des Bodens begründete Abflußlosigkeit ist einer der wesentlichsten Charakterzüge der Wüste. Der Mangel an transportierenden Wasserläufen bewirkt die Anhäufung von gewaltigen Massen von Geröllen, Sanden, Tonen und anderm Verwitterungsmateriale, die nicht nur in der Gegenwart eine große Rolle spielen, sondern auch für die Beurteilung von vielen Erscheinungen der geologischen Vergangenheit von hervorragender Bedeutung sind. Die klimatischen Verhältnisse der Wüstengebiete bedingen es, daß selbst geringe Wassermassen eine große Arbeitsleistung aufweisen können. Außerdem ist die Wirkung starker Salzlösungen in Betracht zu ziehen, unter deren Einwirkung die Gesteine im Innern mürbe werden. Endlich arbeitet die physikalische, durch die Sonnenstrahlen bewirkte Verwitterung an der Vernichtung des anstehenden Gesteines. Sie beruht auf den großen Temperaturschwankungen, denen der Erdboden und die Gesteine bereits im Laufe eines Tages ausgesetzt sind. In Transkaspien wurden beispielsweise Temperaturunterschiede von mehr als 50° innerhalb weniger Stunden beobachtet. Eine Folge davon ist die eigentümliche schalenförmige Absonderung oder Abschuppung der Gesteine und die durch die rasche Abkühlung bewirkte Radialspaltenbildung derselben.

[1]) Mitt. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1905. Leipzig 1906 p. XXX.

Die durch die intensive Verwitterung in ihrem Gefüge gelösten Gesteinsbestandteile werden nun im wesentlichen durch eine bewegende Kraft, durch die des Windes, vollends abgehoben. Diesen Vorgang nennt Prof. Walther Abwehung, Deflation; die Deflation ist wohl zu unterscheiden von der abschleifenden Wirkung des vom Winde getriebenen Sandes, der Korrosion, die von jener im Effekte der Wirkung bedeutend übertroffen wird. Auf die Wirkung der Deflation sind die der Wüste eigentümlichen, sonderbaren Felsbildungen zurückzuführen, die Felsentaschen, die Bienenwabenstruktur, die Steingitter, die Steinzapfen, Hohlblöcke, Hohlkehlen, Säulengänge und Pilzfelsen. Verwitterung und Deflation sind im wesentlichen die reliefbildenden Kräfte in der Wüste. Denn eine Wüste ist durchaus nicht immer eine weite Sandebene, sondern oft ein Gebirgs- oder Hügelland oder ein Plateau, das von steilwandigen Tälern zerschnitten wird. Die felsigen Gebirgswüsten stellen den Anfang des Vorganges der Wüstenbildung dar. Ihre vertikalen Unterschiede werden durch die Arbeit der Wüstenkräfte immer mehr ausgeglichen, bis sie allmählich ganz verschwinden, und Wüstenebenen entstehen, für die die Hamadi- oder Sferiwüste ein typisches Beispiel bietet. Die eigentümlichen, nur zeitweise Wasser führenden Wüstentäler oder Wadis sind gekennzeichnet durch ungleichmäßiges, vielfach völlig unterbrochenes Gefälle, durch unregelmäßig labyrinthischen Verlauf und häufige Blindendung. Einzelne seltene, aber plötzlich und mit eminenter Gewalt auftretende Wolkenbrüche führen das sehr locker aufgehäufte Verwitterungsmaterial in großen Massen aus den Tälern in große Depressionen, die auch wieder im wesentlichen ein Produkt der Deflation sind, und in denen die Ton-, Sand-, Schotter-, Kies- und Lößmassen unter Umständen zu Schichten von erstaunlicher Mächtigkeit abgelagert werden. Eine Bohrung an der transkaspischen Eisenbahn hatte bei 665 *m* den Boden solcher Schichten noch nicht erreicht. In den durch das Wasser ausgeräumten Wadis aber setzt nun die Verwitterung und Deflation mit erneuter Kraft ein, die Täler werden immer mehr erweitert, die Plateauränder immer mehr zurückgedrängt, bis schließlich die kleinern Plateauabschnitte nur noch senkrecht aufragende Säulen mitten in einer großen Schuttebene darstellen; das sind die für die Wüstenlandschaft so typischen „Zeugenberge".

Die feinsten Bestandteile des Verwitterungsmateriales, der Wüstensand, wird nach dem Gesetze der Schwerkraft von dem gröbern, schwerer transportierbaren Materiale gesondert und zu jenen Haufenansammlungen zusammengeweht, die uns als Dünen bekannt sind. Die Urform der Dünen bilden nach Prof. Walthers Beobachtungen in Transkaspien die Bogendünen oder Barchane. Diese sind der normale Typus bei der Entstehung der Dünen, aus dem alle andern Formen abgeleitet werden können. Die Dünensande können der verschiedensten Herkunft sein; sie können hervorgegangen

sein aus verwittertem Sandsteine, aus windgereinigtem Flußschlamme, aus Binnenseeschlamme, aus der Verwitterung quarzhaltiger Sedimente und aus dem Zerfalle grobkristallinischer Gesteine. In den dem Meere benachbarten Wüsten können die Dünen schließlich auch aus binnenwärts gewandertem Meeressande sich zusammensetzen.

Da die Wüste ein völlig undrainiertes Terrain darstellt, sammeln sich bei jedem Wolkenbruche die Wasser in den Depressionen der Wüstenebenen und in den Rinnen der Trockentäler. Das Regenwasser löst die nach vorhergehender langer Trockenheit überall an der Oberfläche aufgeblühten Salze schnell auf und wird auf diese Weise zu einer Salzflut. Der Wasserstand der in den flachen Depressionen sich bildenden abflußlosen Wüstenseen bestimmt sich durch das Maß des Zuflusses, der Versickerung und der Verdunstung. Daher kommt es, daß viele dieser Binnenseen periodisch entstehen und verschwinden.

Der Vegetationscharakter der Wüste wechselt nach Ort und Zeit. Die echte Wüste ist fast pflanzenleer. Zwischen ihr und der vegetationsreichern Steppenwüste gibt es alle Stufen des allmählichen Überganges. Die Wüstenpflanzen sind dem Boden und dem Klima angepaßt. Sie haben außerordentlich lange, tiefreichende Wurzeln und schützen sich in verschiedener Weise gegen die Strahlen der Sonne und die Verdunstung. Außerordentlich dickfleischige Blätter mit pergamentartigen Schutzüberzügen sind für sie charakteristisch. Der Echinokaktus schließt beispielsweise die denkbar größte Pflanzenmasse in die kleinste verdunstende Fläche ein.

Die Tierwelt der Wüste besteht aus endemischen Formen und wandernden Durchzüglern. Der Umstand, daß beispielsweise in Transkaspien die überschwemmten und mit toniger Rinde bedeckten Ebenen schnell austrocknen und allerlei Tierfährten konservieren dadurch, daß die Hohlabdrücke mit Dünensand ausgefüllt werden, läßt den Schluß ziehen, daß die Tierfährten in Chirotherienschichten der Buntsandsteinformation in ähnlicher Weise entstanden sind.

Die Faktoren der Wüstenbildung sind auf Grund der bisherigen Forschungen von Dr. Helene Wiszwianski dargelegt worden.[1]) Die Ergebnisse dieser sehr fleißigen Arbeit zieht Verfasserin in folgenden Ausführungen zusammen:

Die Wüste ist vor allen Dingen eine Funktion des Klimas. Die in der Oberflächengestalt und Bodenzusammensetzung beruhenden Faktoren sind als sekundär von den klimatischen zu unterscheiden. Eine noch geringere Rolle ist der geographischen Lage in bezug auf Meeresentfernung und der Meereshöhe zuzuschreiben. Sämtliche die Wüstenbildung fördernde Agenzien stehen untereinander im Ver-

[1]) Veröffentl. d. Instituts f. Meereskunde in Berlin 1906. Heft 9.

hältnisse beständiger Wechselwirkung. Nicht nur, daß die klimatischen, morphologischen, geognostischen Faktoren einander in einem der Wüstenbildung günstigen Sinne beeinflussen, die Wüste modifiziert ihrerseits das Klima, die Oberflächengestaltung, die Bodenbeschaffenheit in demselben Sinne.

Die geologische Geschichte der Wüsten ist als Fundament für eine richtige Anschauung von der Wüstenbildung anzusehen. Leider ist dieselbe meist nur in oberflächlichen Zügen bekannt. An der Hand dieses unvollkommenen Materials ist es schwer nachzuweisen, ob das eine oder das andere Wüstengebiet im Laufe der geologischen Perioden klimatische Wandlungen erlitten hat, oder ob es sich seit langer Zeit in dem heutigen Zustande befindet. Dieser Nachweis aber würde zur Sonderung der Wüsten vom Standpunkte der Evolution führen. Dank der Arbeit englischer Geologen, besonders Oldhams in Indien, sind wir über die geologische Geschichte der indischen Wüste so ziemlich unterrichtet. Wir wissen, daß sie abwechselnd bald Land, bald Meer gewesen ist. Ende der Jurazeit waren Cutsch, die indische Wüste, das nordwestliche Pendschab und die zentralen Teile des Himalaya vom Meere umflossen. Das eozäne Meer bedeckte das westliche Rajputana, das Industal, sowie einen großen Teil von Afghanistan und Belutschistan. Erst die darauf folgenden großen tektonischen Bewegungen bewirkten das Übergreifen des Landes über das Meer und das Zurückdrängen des Meeres vom Himalaja, Pendschab und schließlich von Sind und Burma.

Die transkaspischen Wüsten, jedenfalls die Wüste Kara kum und der nördliche Teil von Kyzyl kum waren im Pliozän und Quartär noch vom Meere umspült. Nach Barrows war der südliche Teil der Koloradowüste noch in jüngster geologischer Zeit ein Meeresarm, und der Kolorado mündete in den Pazifischen Ozean bei Yuma.

Trotz der vielen ausgezeichneten Forschungen, die in Zentralasien gemacht wurden, ist man noch nicht zu einer Entwirrung der geologischen Verhältnisse dieses Gebietes gelangt. Die anfangs als marine Sedimente aufgefaßten Schichten der Han-Hai, die einen großen Teil Zentralasiens bedecken, sah man späterhin ausschließlich als Ablagerungen in ausgetrockneten abgeschlossenen Binnenbecken an. Die Ergebnisse der neuesten Forschungen Friedrichsens im Tian-schan haben ihn bewogen, einen Teil der sogenannten Han-Hai-schichten als kontinentale Schuttbildungen im Sinne Walthers zu betrachten. Das würde also darauf hindeuten, daß in jenem Gebiete bereits im Tertiär ein Wüstenklima herrschte. Loczy ist der Ansicht, daß in der Gobi nach der Verdunstung der vorglazialen Seen die Wüstendenudation begonnen hat, und daß die Ausdehnung der Herrschaft des Wüstenklimas Hand in Hand geht mit der Ausbreitung der Gletscher in Osttibet und Südchina.

Für das Great Basin ist besonders durch die Untersuchungen von Gilbert und Russel eine Periode großen Wasserreichtums in

quartärer Zeit nachgewiesen. Die heutigen abflußlosen Seen jener Gegend, deren Gesamtwasserfläche etwa 15 400 *qkm* betragen mag, stellen die Reste zweier weit größerer Seen vor, des Bonneville- und Lahontansees, die zwischen der Sierra Nevada und dem Wahsatchgebirge eine Fläche von 109 500 *qkm* in Anspruch nahmen.

Auch in Nordafrika hat eine Steigerung der Niederschläge im Spättertiär und Quartär stattgefunden. Die Forschungen Blanckenhorns in Ägypten haben zahlreiche Beweise geliefert für eine „Pluvialperiode" in quartärer Zeit, welche Walthers Anschauung von einem damals herrschenden Wüstenklima hinfällig machen. Auch für die westliche Sahara hat Rolland das Vorhandensein von großen Süßwasserseen und Flüssen nachgewiesen.

Die Ansichten über die klimatischen Wandlungen, welche die Wüsten Südafrikas und Australiens erlitten haben, haben jetzt durch die Untersuchungen Passarges ihren hypothetischen Charakter fast verloren. Wenn auch noch zahlreiche und gründliche Untersuchungen in den betreffenden Kontinenten zu machen sind, ehe man den festen Nachweis für eine mesozoische Wüstenperiode, wie sie Passarge annimmt, führen kann, so sprechen doch gewisse positive Merkmale, wie die Verkieselungserscheinungen, sowie das Auftreten von Inselberglandschaften schon jetzt sehr dafür. Die geologischen Befunde in Südafrika veranlaßten Passarge, diese mesozoische Äquatorialwüste in die Zeit nach dem Lias bis Ende der Kreideperiode zu verlegen. Im Tertiär fand dann die positive Klimaänderung statt. Erst ein Übergangsklima, das durch einen Wechsel von Kieselsäure und Kalklösungen charakterisiert wird, dann die Pluvialzeit im jüngsten Pliocän und Quartär. Dieser folgt dann in der Alluvialzeit die Trockenlegung und Umgestaltung des Landes, welche bis zur Gegenwart reicht.

Im Gegensatze zu diesen Wüsten scheint die Atacama von der gewissen eiszeitlichen Klimaschwankung unbeeinflußt geblieben zu sein. Darapski betont, daß diese Wüste seit dem Tertiär keine neue Entfaltung des organischen Lebens mehr gekannt hat und permanent demselben Wüstenklima ausgesetzt war. Sie befindet sich also seit ungeheuren Zeitperioden im Zustande fortwährender Evolution.

Man kann die Entwicklung eines regelmäßig bewässerten Gebietes vom Stadium seiner Jugend bis zum Greisenalter der fast vollständigen Abtragung mit Sicherheit verfolgen. Es ist das Verdienst von Davis, durch Aufstellen des „Geographischen Zyklus", einen festen Begriff für diese Evolution geschaffen zu haben. Ein solcher Zyklus ist für die Wüsten, in denen der Wind die wesentlich wirkende Kraft ist, undenkbar. Es sind über das Wesen der Arbeit des Windes sehr entgegengesetzte Anschauungen vorhanden. Walther ist der Meinung, daß der Wind Oberflächenformen wie die Uadis erweitere und vertiefe. Bornhardt bekämpft diese Ansicht auf

Grund seiner Beobachtung, daß man am tiefen Ende eines Uadi am besten vor Wind geschützt sei. Auch Stromer v. Reichenbach spricht dem Winde die Fähigkeit ab, tiefe Rinnen auszufurchen, da jede sandbeladene Luftströmung, die unter einem großen Winkel auf solche trifft, sie ausfüllen muß. Er begleitet seine Ausführungen mit den Worten: Der Wind wirkt nivellierend, während bei stärkerm Gefälle das Wasser durch Talbildung und Vertiefung das Relief kompliziert.

Darapski warnt davor, „die Macht des Luftozeanes zu überschätzen". Er macht darauf aufmerksam, daß in dem überall in der Atacama vorherrschenden tonigen Materiale Fuhrgleise und Eindrücke der Meßschnur noch nach 20 Jahren zu erkennen sind. Dagegen hebt er die stetige Arbeit der Spülwässer hervor, deren Wirkungssphäre sich bis in die geheimsten Winkel der Wüste erstreckt und die, wenn auch planlos, so doch sicher und stetig an dem großen Zerstörungswerke tätig sind. Wäre die Wirkung des Windes eine rein nivellierende, so wäre damit gegeben, daß, je länger der Wüstenprozeß andauert, die Oberflächengestalt der Wüste desto flacher werden müßte. Demnach müßten permanente Wüsten im obigen Sinne das Bild völliger Verebnung darstellen. Indessen beschränken sich die Erfolge des Windes in dieser Hinsicht auf ein Abrunden der Gebirgsformen, ein Schaffen allmählicher Übergänge von Felsgebilden in sanft abfallende Steppenflächen, auf ein Abtragen hier und ein Anhäufen dort, auf ein Herausarbeiten von Mulden, die für Gebiete unter langandauernder Herrschaft äolischer Kräfte wie Zentralasien oder die Atacama kennzeichnend sind. Im übrigen wäre es recht ungeeignet, die Atacama-Wüste, der wir eine Permanenz des Wüstenprozesses zugesprochen hatten, hierbei als Beispiel heranzuziehen, da die große Meereshöhe dieser Wüste eine besondere Entwicklung der Schmelzwässer bedingt, und außerdem dem Vulkanismus eine bedeutsame Rolle zufällt.

Man könnte die Wüsten Australiens, bei denen der Bildungsprozeß während des Quartärs eine Hemmung erfuhr, und die in ihrem ganzen Charakter von stark nivellierenden Kräften zeugen, als Beispiel dafür hinstellen, daß eine Periode größerer Wasserentwicklung, wenn sie nachher wieder dem Wüstenklima Platz macht, für die Wüstenbildung eher als fördernd, wie als hemmend betrachtet werden kann. Ich habe den Eindruck, als ob das Wasser durch eine solche intermittierende Tätigkeit dem Winde eher dienstbar als feindlich sei, vor allem, indem es die so grundlegende chemische Zersetzung der Gesteine bewirkt. Die Eigenschaft des Windes, die Arbeit eines Tages gleich am folgenden zu zerstören, sein launenhaftes Eingreifen in Erosions- und Akkumulationsvorgänge verschiedener Art berechtigt nicht, von einer absolut nivellierenden Tendenz des Windes in der Wüste zu sprechen, sondern von seinem Bestreben, seinen größten Rivalen, das Wasser, unschädlich zu machen, indem

er das Relief der Wüste in einem möglichst unregelmäßigen ,rudimentären Zustande erhält."

Die Erdpyramiden und verwandte Erosionsformen sind von Prof. S. Günther genauer untersucht worden. Diese Formen sind bekannt aus den Alpen, dem Moränengebiete Oberitaliens, aus Kleinasien und Nordamerika. Viele tragen auf ihrer Spitze einen flachen Gesteinsblock, und man nimmt gewöhnlich an, daß das Vorhandensein dieses Gesteinsblockes zur Herausmodellierung der Erdpfeiler ebenso notwendig ist als das Vorhandensein ähnlicher Blöcke für die Entstehung der sogenannten Gletschertische. Eckert in seiner Studie über die Verwitterungsformen in den Alpen sagt, die Erdpyramiden würden gebildet, indem der Regen die weiche Schuttmasse angreife, und diese nur da verschont werde, wo ein aufliegender oder eingebetteter Stein die unter ihm liegende Erdschicht schütze. Diese „Steinschutttheorie" ist sehr einleuchtend, gleichwohl zeigt Prof. S. Günther, daß sich die Entstehung der sogenannten Erdpyramiden nicht in so schablonenhafter Weise abspielt, wie in dieser Hypothese angenommen wird.[1]) „Ohne leugnen zu wollen," sagt er, „daß gelegentlich auch noch andere Faktoren als mitwirkend sich geltend machen können, kann man doch als typische, immer wiederkehrende Gesetzmäßigkeiten die folgenden drei herausfinden:

I. Das Material, aus welchem die fortschreitende Denudation die charakteristischen Zacken herausmodelliert, darf weder allzu nachgiebig gegen zerstörende Einflüsse, noch allzu kompakt sein.

II. Die krönenden Blöcke mancher Säulen, die man früher für eine unerläßliche Vorbedingung hielt, sind eine ganz zufällige Beigabe und dienen höchstens dazu, das einzelne so begünstigte Exemplar etwas länger vor der Zerstörung, der es schließlich doch anheimfallen muß, zu schützen.

III. Größere Ansammlungen — Kolonien — von Erdpyramiden verraten durch ihre lineare Scharung stets, daß sich eine Mauer, ein Erosionssporn, in eine Anzahl von Protuberanzen aufgelöst hat."

Prof. Günther geht dann in eine spezielle Prüfung seiner drei Thesen ein und zeigt deren Begründung.

„Es leuchtet," sagt er, „von selbst ein, daß Stoffe, die bei der geringsten Einwirkung von außen in sich zerfallen, überhaupt nicht wohl differentiiert werden können. Es bildet sich, wenn solche Einflüsse hervortreten, ein ungeordnetes Haufwerk, aber selbst wenn es zur Herausbildung einzelner Erdsäulen käme, so würden diese kein längeres Leben haben, sondern sehr bald wieder in sich zerfallen. Ein gewisses Maß von Kohärenz der Materie ist somit unerläßlich. Wäre der chinesische Löß, dem als Endprodukte äolischer Aufschüttung ein ziemlich hoher Grad von Widerstandsfähigkeit eignet, bloß eine lockere Masse, so würden die großen Ströme in ihn nicht die tiefen und steilwandigen Täler haben einschneiden können, die für den Westen Chinas

---

[1]) S. Günther, Neue Beiträge zur Theorie d. Erosionsfiguren. Sitzber. d. math.-phys. Klasse d. K. bayr. Akad. d. Wissensch. 1905. **35**. p. 477 ff.

das Landschaftsbild bestimmen. Anderseits würde eine völlig verfestigte und dadurch so gut wie homogen gemachte Schuttlage den denudierenden Agenzien nicht jene Ansatzpunkte gewähren, welche diesen gegeben sein müssen, wenn sie ihre Auflösungsarbeit beginnen sollen. Ohne das Vorhandensein einiger Ungleichförmigkeit in der Struktur der Masse ist die Herauspräparierung einzelner Auszackungen nicht denkbar. Die hier hervorgehobenen Umstände sind wohl sehr häufig dafür verantwortlich zu machen, daß man Erdpyramiden an Stellen, deren Natur solche Bildungen eigentlich mit Sicherheit erwarten ließe, trotzdem nicht vorfindet. Eine vorzüglich günstige Disposition scheinen Moränenreste dann zu besitzen, wenn sich an der Verästelungsstelle zwei aus verschiedenen Tälern herabgekommene Moränen vereinigt haben. Auf diese Tatsache scheint allerdings nur im Einzelfalle, zuerst Fröbel[1]) aufmerksam gemacht zu haben. Allein sie läßt sich bei genauerm Zusehen gar nicht selten erkennen, wie denn die schönen Pyramiden von Stalden, in dessen Nähe die Täler von Zermatt und Saas zusammenkommen, in eben diese Kategorie gehören. In folgender Fassung dürfte mithin das, was die wallisischen Vorkommnisse lehren, einwandfrei wiedergegeben sein:

Moränen oder fluvioglaziale Geschiebe am Konvergenzpunkte zweier Täler eignen sich, ohne daß damit eine notwendige Voraussetzung gegeben wäre, sehr gut für die Bildung von Erdpyramiden.

Mutmaßlich ist dieser Umstand gerade darauf zurückzuführen, daß die Druckwirkungen, welche aus der Begegnung der beiden sich unter spitzem Winkel treffenden Ströme loser Materie resultieren, jenen Grad von Festigkeit zuwege bringen, der die in Frage kommende Modalität erosiver Zerstörung begünstigt. Es wird gut sein, überall da, wo in alten Gletscherterritorien unsere Gebilde zu finden sind, die Örtlichkeit auf das soeben besprochene Kennzeichen zu prüfen. Denn sehr wahrscheinlich ist diese Vorbedingung in vielen Fällen nicht erfüllt, in denen man Erdpyramiden erwarten sollte, sie aber trotzdem nicht vorfindet. Gerade bezüglich dieses Umstandes mag sich wohl die mineralogische Eigenart des Stoffes einigermaßen geltend machen, insofern nämlich die Zusammensetzung desselben auf seine passive Resistenz gegen zerstörende Kräfte doch unzweifelhaft einen gewissen Einfluß ausüben muß. Und auch die chemische Beschaffenheit des meteorischen Wassers wird nicht ganz gleichgültig sein; im einen Falle wird eine raschere, im andern eine langsamere Zersetzung platzgreifen. Es ist dies ein Moment, welchem vielleicht eine noch weiter gehende Klärung zuteil werden muß, wenigstens im Bereiche der ersten drei Thesen.

Was die Deckblöcke anbelangt, so springen sie vorzugsweise in die Augen, und Prof. Günther betont mit Recht, daß der Beschauer darüber leicht übersieht, daß in der Regel weit mehr Säulen dieses Schmuckes entbehren, als teilhaftig sind. Komme ihm dies jedoch zum Bewußtsein, so helfe er sich mit der Hypothese, die Schutzsteine seien herabgefallen. So machte es Fröbel, der die Blöcke geradezu als „Regenschirme“ für die sie tragenden Obelisken ansprach. „Wie weit die Voreingenommenheit gehen kann,“ fährt Günther fort, „das zeigt am deutlichsten das Beispiel des trefflichen Gletscherforschers Charpentier, der selbst auf Fröbel verweist, dann aber die bei letzterm nicht annähernd in solcher Bestimmtheit ausgesprochene Behauptung aufstellt, jede Säule trage ihre Steinmütze. Wie wenig wahr das ist, wurde von Günther bereits früher dargetan, indem z. B. die herrlichen Wittower Klinten, deren Baustoff überhaupt keine größern Steinbrocken in sich schließt, niemals in ihrer ganzen Vergangenheit den vermeintlichen Schutzstein getragen haben. Man kann jedoch angesichts des bestehenden Vorurteiles gar nicht nachdrücklich genug betonen, daß auch unsere alpinen Musterbeispiele die herkömmliche Vorstellung oft nur recht wenig stützen. Gerade nach dieser Seite hin ge-

[1]) J. Fröbel, Reise in die weniger bekannten Täler auf der Nordseite der Penninischen Alpen. Berlin 1840. p. 23.

währen die Erdpyramiden von Useigne (in Unterwallis) einen sehr bemerkenswerten Anhaltepunkt. Man kann konstatieren, daß ein Block von stattlicher Größe innerhalb der Kulisse, in welcher er sich befand, von seinem ursprünglichen Platze herabgerutscht und an der tiefsten Stelle, welche er erreichen konnte, einfach liegen geblieben ist. Hätte er da seine Pflicht getan, so wie es ihm die schematische Doktrin vorschreibt, so wäre unter ihm ein Pfeiler von ganz stattlicher Breite vorschriftsmäßig ausgewaschen worden; das ist jedoch nicht geschehen, der Steinklotz hat seinen Beruf verfehlt. Und gar kein triftiger Grund spricht dafür, daß die spitzen Auszackungen, die unmittelbar neben Blocksäulen aufragen, jemals eine schirmende Kappe getragen hätten. Vielmehr ist es ganz und gar vom Zufalle abhängig, ob eine Erdpyramide gerade an einer Stelle, die in nächster Nähe eines Blockeinschlusses sich befindet, oder in einiger Entfernung von einem solchen zustande kommt. Die konservierende Wirkung desselben soll hingegen nicht in Abrede gestellt werden."

Die größte Wichtigkeit unter den von Prof. Günther aufgestellten drei Leitsätzen hat der dritte, auf dessen Beweis er demgemäß auch den größten Nachdruck legt. Als auf ein besonders merkwürdiges Beispiel für die Herausbildung von Erosionskulissen und Erdpyramiden weist Lüdi auf das alte Bergsturzgebiet von Flims in Graubünden hin, von dem Hartung und Heim ausführliche Beschreibungen geliefert haben. Die Schuttmasse hat sich im Laufe der langen Zeiträume — es handelt sich aller Wahrscheinlichkeit nach um ein prähistorisches Ereignis — stark verfestigt und so jene Eigenschaften erhalten, welche obiger ersten These zufolge notwendig sind, damit sich die nicht rastende Zerstörung in der für uns hier in Betracht kommenden Art zu gestalten imstande ist. „Diese Entstehung des jetzigen Erosionsgebietes," sagt Lüdi, „deutet schon an, daß es für die Pyramidenbildung wie geschaffen ist. Und in der Tat hat das Wasser diese Arbeit bereits mächtig gefördert. Zunächst schuf der Rhein die tiefe Hauptschlucht mit steilen Wänden. Dann kamen die Hunderte von Regenrinnseln und gruben ihre Furchen senkrecht zum Haupttobel. Die Kulissenbildung hatte damit begonnen, und heute ist sie in schönster Blüte. Eigentliche, isoliert stehende Pyramiden trifft man erst wenige an, sie sind noch im Entstehen; dagegen ein ganzes Labyrinth von Kulissen mit den bizarrsten Formen."

Mit dieser merkwürdigen Erdstelle vergleicht Prof. Günther eine andere, welche im Gegensatze zu dieser Entwicklung den Bildungsakt in seiner vollen Abgeschlossenheit vor Augen stellt und zugleich den fortschreitenden Zerfall der im geologischen Sinne doch nur ephemeren Gebilde mustergültig veranschaulicht, nämlich die Pyramidenmauer von Useigne. „Wer dieselbe," sagt Günther, „betrachtet, kann überhaupt nicht mehr zweifelhaft sein über die Wahrheit der Tatsache, daß aus den in Auflösung begriffenen Schotterwänden die Erosionsfiguren hervorgehen. Unwillkürlich denkt, wer aus einiger Entfernung diese phantastisch in eine ganz anders geartete Landschaft hineingestellte Riesenwand betrachtet, an eine Festungsmauer, welcher der Zahn der Zeit und die Geschosse des Feindes gewaltig zugesetzt haben. Es ist lehrreich, zu den modernen Abbildungen die entsprechende Tafel in Fröbels Schrift in Parallele zu stellen, welche die Dinge uns so vorführt, wie sie vor einigen sechzig Jahren aussahen. Niemand wird im Zweifel sein, daß es sich um ein und dasselbe Objekt handelt, aber es fehlt doch auch keineswegs an Verschiedenheiten, die uns einen Maßstab für die säkularen Veränderungen im Aussehen solcher Gebilde an die Hand geben können. So ist, obwohl auch jetzt noch eine allerdings weit niedrigere, aber ebenfalls mannigfach zerrissene Fortsetzung der Hauptmauer sich bis an das linke Ufer der Borgne hinabzieht, die Teilkolonie rechts unten fast verschwunden, jedenfalls erheblich reduziert. Freilich mag nicht unwesentlich zu den gestaltlichen Veränderungen der Umstand beigetragen haben, daß man, als die Straße von Sion nach Evolena gebaut ward, ein Tor durch die Wand brach, welches die Illusion, als habe

man es nicht mit einem Naturspiele, sondern mit einem Menschenwerke zu tun, wohl zu verstärken geeignet ist. Auch die Frage, ob jedwede Art von Moränenmaterial dazu angetan ist, unter passenden Umständen in ein Aggregat von Erdpyramiden zerlegt zu werden, ist bei diesem vielleicht großartigsten aller in Europa bekannten Fälle beteiligt; anderwärts sind hauptsächlich fluvioglaziale Schotter die Träger des Phänomens, und die „Kholonne" von Useigne setzen sich nach Brückner aus Grundmoräne zusammen."

„Wer," fährt Günther fort, „sich eingehend mit dem Detailstudium von Erdpyramiden befaßt hat, könnte wohl zu dem Einwurfe sich veranlaßt sehen, daß hier und da der Parallelismus der in der nämlichen Kolonie vereinigten Pyramidenreihen eine Durchbrechung zu erleiden scheine. Gewiß ist eine solche Beobachtung begründet, aber trotzdem fügt sich die Tatsache ungezwungen dem in Rede stehenden Bildungsgesetze ein. Angenähert senkrecht zu den großen Mauern, in welche die amorphe Schottermasse zerfallen ist, springt nämlich gar nicht selten ein selbständiger Erosionssporn vor, und dieser unterliegt dann natürlich einer ganz analog fortschreitenden Zerstörung. Als ein Beispiel, das in dieser Beziehung sehr deutliche Aufschlüsse ergibt, dürfen die Erdpyramiden von Stalden betrachtet werden.

Eine gründliche Theorie der Erosionsgebilde verlangt, wie wir gesehen haben, die Berücksichtigung einer großen Anzahl von einzelnen Momenten, und es kann nicht behauptet werden, daß durch die vorliegende Darlegung ein endgültiger Abschluß erzielt sei. Vor allem ist noch keineswegs festgestellt, daß die mehr und mehr als normativ erkannte lineare Anordnung der Protuberanzen lediglich dann in die Erscheinung tritt, wenn lose Stoffe der Auflösung unterliegen. Aus zahlreichen Bildern in den Schriften der Polarfahrer geht hervor, daß Eismassen in ihrem Zerfalle, der durch Abschmelzung und Schwerewirkung eingeleitet wird, eine ähnliche Scharung der Erosionsfiguren erkennen lassen, wie sie der „Büßerschnee" in einem besondern Falle beobachten ließ. Auch festes Gestein unterliegt vielleicht, wie sich durch konsequente Überwachung der Zerstörungserscheinungen ermitteln ließe, einer ähnlichen, wenn auch möglicherweise im Hinblicke auf die petrographische Zusammensetzung verwickeltern Regel. Die berühmten „Sägezähne" des Berges Monserrat bei Barcelona z. B. fügen sich nach Bildern derselben Gesetzmäßigkeit.

Dort erheben sich, wie M. Willkomm schildert, runde, turmartige Massen und glatte, senkrechte Wände von 1000 bis 2000 Fuß Höhe, die oben in phantastische Zacken auslaufen, schlanke Hörner, Nadeln und Kegel von Schauder erregender Steilheit. Von der See aus erscheint der Monserrat als ein hoher, mit sieben steilen Pyramiden besetzter Wall; von den Gipfeln des Hügellandes bei Barcelona dagegen präsentiert er sich als ein ungeheurer, tafelförmiger Felskoloß, dessen Kamm mit zahllosen, spitzen Zacken besetzt ist und daher wie eine Säge aussieht."

Erdmagnetismus.

Erdmagnetische Beobachtungen während der Sonnenfinsternis des 20. August 1905. Unter Leitung von P. Cirera vom Ebroobservatorium sind auf der Linie der Totalität in Tortosa, Palma und Alcosebre magnetische Messungen während dieser Finsternis angestellt worden.[1]) Die vor der Sonnenfinsternis bestimmten absoluten Werte am Ebroobservatorium betrugen für die Deklination am 19. August um $15^h 30^m$: 13° 56′ West, für die Horizontalkomponente am 15. August 9^h: 0.23199 und für die Inklination am 14. August 17^h: 58° 9.4′. Die

[1]) Compt. rend. **141**. p. 1270.

photographischen Kurven des Registrierapparates in Tortosa zeigten, daß der 29., 30. und 31. August magnetisch gestörte Tage waren. Indessen lassen die von den drei Stationen erhaltenen Beobachtungen ganz deutlich erkennen, daß während der Finsternis die Nadel in Deklination eine Abnahme nach Westen zeigte, wodurch die Amplitude der Tagesschwankung verkleinert worden. Während in Tortosa diese Amplitude im Mittel vom 1. August bis 20. September 11.8′ betrug und in den beiden Tagen vorher 12.2′ erreichte, betrug sie am Tage der Finsternis 8.5′ und an den folgenden Tagen 11.6′. Der Gang der Kurve unterscheidet sich gleichfalls von dem der mittlern Tageskurve seit 14. August; während diese von 11^h a. m. bis 1^h p. m. einen Zuwachs von 2.4′ zeigt, beträgt die Zunahme am Finsternistage in Tortosa und Palma 0.7′ und in Alcosebre nur 0.1′; die Abweichung war daher am stärksten an der der Zentrallinie nächsten Station. An den von der Totalitätszone weit entfernten Stationen: Paris, Stonyhurst, Potsdam, trat das Maximum auch am Finsternistage wie gewöhnlich vor 2^h ein, in Tortosa zeigte es sich erst um 2^h 25^m. Auch die Horizontalintensität zeigt eine Abnahme des gegen 1 p. m. auftretenden Maximums. Das Monatsmittel gibt das Maximum zwischen 1^h und 2^h p. m.; am Tage der Finsternis sinkt die Komponente zu dieser Stunde schnell; die Kurve, die um 9^h ihren gewöhnlichen Gang begonnen, blieb nach 10^h stehen und lief dann rückwärts; nach einigen Schwankungen glich das Maximum dem Tagesmittel; vorher und nachher war die Komponente mittags stets größer als das Mittel. Die Vertikalkomponente, die kurz vor Mittag ihr Minimum zeigt, nahm am Finsternistage um diese Zeit schnell zu und hatte um 2^h ihren Mittelwert erreicht. Cirera schließt, daß trotz der Störungen am 30. August alle drei magnetische Elemente Besonderheiten zeigen, namentlich eine Tendenz, von dem Beginne der Totalität an sich dem Mittelwerte zu nähern.

Die erdmagnetischen Elemente in Potsdam 1905 hat A. Schmidt aus den Durchschnittswerten sämtlicher Tagesmittel abgeleitet. In nachstehender Tabelle sind die entsprechenden Werte für die zwei vorhergehenden Jahre hinzugefügt. Unter Γ ist die Einheit der magnetischen Feldstärke im elektromagnetischen Maßsystem verstanden; das negative Zeichen bei der Deklination deutet an, daß diese westlich ist.

Element	1903	1904	1905
Deklination D . . .	— 9° 43.8′	— 9° 39.4′	— 9° 34.5′
Inklination I . . .	+66° 20.0′	+66° 19.6′	+66° 19.3′
Horizontalintens. H .	0.18876	0.18880	0.18879 Γ
Nördl. Kompon. X .	+0.18605	+0.18612	+0.18616 „
Östl. Komponente Y .	—0.03190	—0.03167	—0.03140 „
Vertikalintensität Z .	+0.43068	+0.43065	+0.43051 „
Totalintensität F . .	0.47022	0.47021	0.47008 „

Von den 8760 Stundenwerten jedes Elementes sind bei der Deklination 1421, bei der Horizontalintensität 1551, bei der Vertikalintensität 779 als gestört zu bezeichnen. Stärkere Störungen fielen auf die Tage 6. Januar, 3. Februar, 2. und 7. März, 1. April, 9. Juni, 2. und 3. August, 12, 15. und 16. November. Am 12. November wurden auf verschiedenen Linien des Telegraphennetzes während kurzer Zeit Erdströme bemerkt.[1])

Magnetische Ortsbestimmungen in Bayern. Über den Fortgang der magnetischen Landesaufnahme Bayerns hat Dr. J. B. Messerschmitt weitere Mitteilungen gemacht.[2]) Hiernach ist dieselbe bereits so weit gefördert worden, daß nunmehr im rechtsrheinischen Bayern an mehr als 40 Orten alle erdmagnetischen Elemente (Deklination, Inklination und Horizontalintensität) neu bestimmt sind, wozu noch fast ebenso viele andere Punkte kommen, an denen infolge äußerer Umstände, insbesondere der Ungunst der Witterung, nur ein oder zwei Elemente erhalten wurden. Alle diese Messungen sind ziemlich gleichmäßig über das ganze Gebiet verteilt. Die gegenseitige Entfernung der Stationen, an welchen alle Elemente beobachtet sind, beträgt durchschnittlich etwa 40 *km*, entspricht also einem magnetischen Netze erster Ordnung. Man kann daher daraus bereits den allgemeinen Verlauf der magnetischen Kurven sicher ableiten und gestützt darauf die weitere Detailarbeit, nämlich die Untersuchung von gestörten Gebieten, vornehmen.

„In einigen Gegenden sind sogar die Stationen schon etwas dichter genommen worden, um über die daselbst vermuteten Störungen einigen Anhalt zu bekommen. Dagegen wurden die beiden großen Störungsgebiete im Ries und im Bayerischen Walde nahe ganz gemieden, da das erstere Gebiet bereits neuerdings eingehend studiert, letzteres aber, soweit es nötig, im Zusammenhange untersucht werden soll. Um die bayerischen Messungen mit denjenigen der benachbarten Staaten sicher vergleichbar zu machen, sind bereits mit den preußischen Beobachtern Anschlußmessungen ausgeführt worden; einige weitere Anschlüsse sind noch in Aussicht genommen.

Von ganz besonderer Bedeutung werden die neuen Messungen durch einen Vergleich mit den vor 50 Jahren durch Lamont ausgeführten magnetischen Ortsbestimmungen. Da das Netz von Lamont etwa nochmal so dicht war als das neue, so können daraus allein bereits manche wichtige Schlüsse gezogen werden, wenn es sich herausstellt, daß diese Messungen den entsprechenden Grad der Genauigkeit erreichen. In der Tat bestätigen nun die Vergleichungen der beiderseitigen Messungen die große Genauigkeit,

[1]) Ann. d. Physik [4] **19**. p. 1079. 1906.

[2]) Sitzungsber. d. mathem.-phys. Klasse d. K. Bayrischen Akad. d. Wissensch. 1906. **36**. Heft 3 p. 545.

welche bereits Lamont bei seinen Beobachtungen erhalten hat. Bei der Horizontalintensität und der Inklination lassen sich zunächst konstante Unterschiede zwischen dem neuen und dem alten Systeme ableiten, die hauptsächlich die Instrumentalkorrektionen des Lamontschen Reisetheodoliten darstellen und nichts Auffälliges bieten; wegen der Sicherheit aber, mit der sie aus den Vergleichungen bestimmt werden können, das beste Zeugnis für die Güte der Beobachtungen selbst liefern. Die Deklinationsvergleichung gibt keinen Unterschied, so daß also innerhalb des Genauigkeitsgrades beider Reihen die Deklinationssysteme gleich sind.

Obwohl nun das untersuchte Gebiet eine verhältnismäßig kleine Fläche der Erde umspannt, erkennt man doch nach Berücksichtigung der konstanten Abweichungen deutlich, daß alle magnetischen Linien in den letzten 50 Jahren nicht nur eine Parallelverschiebung, sondern auch eine kleine Drehung erlitten haben. Man kann daher die Verschiedeneit der säkularen Variationen bereits recht genau berechnen.

Aus den Beobachtungen von Lamont wurde der mittlere Verlauf des Erdmagnetismus, die sogenannten terrestrisch isomagnetischen Linien, abgeleitet und mit dem wahren verglichen. Ebenso fand ein Vergleich der neuen Beobachtungen mit den aus der Theorie folgenden Werten statt. Beide Wege ergeben einen Überblick über die in Bayern vorkommenden magnetischen Störungsgebiete, die aus der beiliegenden Karte noch deutlicher zu erkennen sind.

Es ist vor allem das Gebirge, welches den Verlauf der magnetischen Linien beeinflußt. Die Störungen machen sich daselbst besonders dadurch geltend, daß eine Verminderung der normalen Horizontalintensität gefunden wird.

Im Süden erscheinen die Alpen als wichtigstes Störungsgebiet, das besonders in dem östlichen Teile von der Linie Tölz-Holzkirchen bis zur Salzach deutlich hervortritt. Die bayerische Hochebene gibt mehr normale Werte bis in die Nähe der Donau, wo durch das Zusammenstoßen der verschiedenen Gebirgssysteme große geologische Störungen auftreten, die sich auch im Erdmagnetismus bemerklich machen.

Das vulkanische Riesgebiet zeigt ganz besondere magnetische Verhältnisse, die durch die basaltischen Lakkolithe ihre Erklärung finden. Dieses Störungsgebiet setzt sich aber längs dem ganzen Jura fort. Hier hebt sich noch das Gebiet in der Gegend von Ingolstadt vor allem heraus, wo sich die Isodynamen der Horizontalintensität und die Isogonen besonders eng aufeinander drängen, ein Verhalten, das noch wichtiger wird, weil in dieser Gegend auch die Intensität der Schwere starke Abweichungen erkennen läßt. Es ist klar, daß die geologischen Verhältnisse dieses Gebietes, die freilich zum Teile nicht offen daliegen, eine Erklärung geben können.

Die Störungen im Bayerischen Walde dagegen sind leichter aus den sichtbaren Gebirgsmassen zu erklären, aber auch hier er-

streckt sich die Wirkung noch weiter südlich über das rechte Ufer der Donau hinaus.

Auch die Gegend von Amberg und Neumarkt in der Oberpfalz zeigt eine zu geringe Intensität des Magnetismus, besonders dort, wo der Jura sich an den Bayerischen Wald anschließt, ein Verhalten, das auch die Schweremessungen erkennen lassen.

Das Fichtelgebirge tritt magnetisch weniger hervor, dagegen kommen die vulkanischen Durchbrüche in der Rhön besonders in Betracht. Manche Kuppen zeigen so starke magnetische Störungen, daß Aufnahmen, die ein ganz enges Netz bilden, die Lage der Störungsmassen recht genau zu bestimmen erlauben.

Im Spessart erleidet besonders die Deklination ganz außergewöhnliche Ablenkungen, und zwar in dem Sinne, daß die Mißweisung kleiner als ihr normaler Wert ist. Diese Anomalie setzt sich noch weit außerhalb Bayerns fort und erstreckt sich bis an den Rhein.

Die vorliegenden Beobachtungen lassen also genau erkennen, wo die Detailuntersuchungen einzusetzen haben."

Untersuchung der magnetischen Störungen durch den Basaltausbruch des Ottilienberges bei Themar an der Werra. Dr. E. Schaper hat das vereinzelt liegende erdmagnetische Störungsgebiet des Ottilienberges nach der Methode von V. Carlhein-Gyllenskiöld (1895) untersucht, indem er aus den Bestimmungen der drei erdmagnetischen Elemente einer Reihe von Stationen in der Umgebung des Berges die „örtliche magnetische Oberflächenbelegung" desselben berechnete und die Linien gleicher Oberflächendichten bestimmte.[1]) Es ist dies diejenige Belegung, die man sich an Stelle der im Erdinnern herrschenden wahren Verteilung des Erdmagnetismus gesetzt denken kann.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist der Ottilienberg ein Basaltrücken, der sich inmitten eines von der Werra durchbrochenen Hochplateaus aus Muschelkalk erhebt. In seiner Längsrichtung ragt nordöstlich das größere Basaltmassiv des Feldsteines hervor, offenbar derselben Spalte entstammend. Die Breite unseres Ausbruches ist etwa 20 bis 30 *m*, seine Länge 70 *m*. Im Südwesten tritt der Basalt unvermittelt hervor, um einen gegen Nordost langsam abfallenden Rücken zu bilden. Wie bei vielen Basaltausbrüchen, so treten auch hier am Südwestabhange die sechskantigen Säulen auf, aus deren Achsenlage man die Richtung erkennen kann, in welcher der Ausbruch erfolgt ist. Es zeigt sich, daß eine Säulenmasse, die unter einem Winkel von 30° ansteigt, von Südost nach Nordwest streicht. Eine zweite, unter gleichem

---

[1]) Erdmagnetische Station zu Meiningen. Herausgeber Dr. E. Schaper. Meiningen 1906. Keyßnersche Hofbuchdruckerei.

Winkel einfallend, liegt in der Richtung von Südwest nach Nordost, also senkrecht zur ersten. Am Nordabhange bei Station X fällt eine dritte Masse unter 10° ein, von Nord nach Süd streichend.

Um den Basaltrücken herum wurden 14 Punkte ausgewählt und an jedem derselben mittels eines magnetischen Universalreiseinstrumentes die drei erdmagnetischen Elemente bestimmt. Das Nähere hierüber und über die Berechnungsmethode enthält die Abhandlung. Es ergab sich eine deutliche störende Einwirkung der Basaltmassen auf die Verteilung des Erdmagnetismus, die genauer in Tabellen und Karten dargelegt wird.

Erdbeben.

Die Horizontalpendelbeobachtungen der Discovery-Expedition in den antarktischen Gegenden sind von Prof. J. Milne behandelt worden.[1]) Diese Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom 14. November 1902 bis 31. Dezember 1903 und zeigen Lotschwankungen, Pulsationen und Erdbeben. Die Aufstellung des Horizontalpendels war in der Nähe der Vulkane Erebus und Terror. Was die Erdbeben anbelangt, so wurden vom 14. März 1902 bis 31. Dezember 1903 nicht weniger als 136 verzeichnet. „Da keines von ihnen von der Bemannung der „Discovery" gefühlt wurde, kann angenommen werden, daß auch keines der Beben innerhalb 50 Meilen von der Station auf „Roß Island" seinen Ursprung hatte. Einige davon wurden von allen Instrumenten der Erde verzeichnet, viele wenigstens noch von einigen entferntern Observatorien. Diese letztern Beben müssen aus einer Entfernung von mehr als 500 Meilen herrühren. Die Messungen der verschiedenen Diagramme wurden in ein Verzeichnis eingetragen, welches soweit als tunlich auch die korrespondierenden Angaben von 43 andern Stationen enthält, von welchen 38 Stationen die gleichen Instrumente haben, wie sie von der „Discovery" benutzt wurden, aus welchen sich folgende Schlüsse ergeben:

Verteilung der Herde. Von den 136 Aufzeichnungen geben nicht weniger als 73 Störungen an, die der subozeanischen Region zwischen Neuseeland und dem Standorte der „Discovery" entstammen. Einige von diesen werden nur von der „Discovery" verzeichnet, und die genaue Bestimmung ihres Herdes ist ziemlich zweifelhaft. Andere werden auch von den Stationen in Christchurch und Wellington beobachtet, wieder andere erreichen Perth, und einige schließlich äußern sich bis zu den Antipoden.

---

[1]) Proceedings of de Royal Society 76. Deutsch in Erdbebenwarte 4. Nr. 10—12.

Sechzehn Aufzeichnungen rühren von Erschütterungen her, die nahe bei Japan — bei den Philippinen oder von Celebes — ausgegangen sind. Fünf hatten ihr Zentrum in der Himalajaregion und sechs an der Westküste von Südafrika.

Die relative Häufigkeit der Erdbeben antarktischen Ursprunges in den verschiedenen Jahreszeiten und einzelnen Monaten für die Jahre 1902 und 1903 wird in der folgenden Tabelle angezeigt. Die in der Tabelle enthaltenen Zahlen geben die Indexnummern der bezüglichen Beben im „Discovery“-Register an.

	Monate											
	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Zahl der Erdbeben . . .	0	—	7	13	11	11	4	5	3	7	6	4
Anzahl der wahrnehmbaren seismischen Ereignisse .	0	—	4	12	9	11	4	5	2	6	5	3

Erdbeben, welche sich wenige Stunden nacheinander ereigneten, gelten hier möglicherweise als die Auslösung derselben seismischen Spannung. Die größte Häufigkeit der Beben findet statt in den Monaten April, Mai und Juni oder im ersten Teile der Wintermonate. Es ist also die Verteilung der antarktischen Beben dieselbe wie in vielen andern Gegenden. Allerdings hat Dr. Omori gezeigt, daß Erdbeben von subozeanischem Ursprunge an der Küste von Japan am häufigsten im Sommer auftreten, während welcher Jahreszeit ein durchschnittlich höherer Stand der Meeresoberfläche die durch den niedrigern Luftdruck hervorgerufene geringere Belastung des Meeresgrundes mehr als aufhebt. Die Differenz dieses Druckes beträgt je nach der Jahreszeit bis zu 18.3 *mm* Quecksilbersäule. Ob in den antarktischen Regionen gleiche Verhältnisse herrschen, bleibt noch zu erforschen.

Gestalt der Gebiete, welche von großen Erdbeben gestört werden. Für lokale Erdbeben, wie solche z. B. von Zeit zu Zeit in England sich ereignen, sind wir gewöhnt, Isoseismen in der Form von Kreisen oder häufiger in der Form von Ellipsen zu sehen. Die große Achse dieser Ellipsen ist gewöhnlich parallel zu der Richtung einer Erdscholle, deren plötzliches Nachgeben an der Oberfläche Anlaß zu der Erschütterung gab.

Für sehr starke Beben, welche nicht weit genug reichen, um über die ganze Oberfläche der Erde bemerkt zu werden, aber immer noch bis zu Stationen, die nahe an den Antipoden liegen, muß die Theorie der elliptischen Isoseismen modifiziert werden.

Zum Beispiel wurden Erdbeben, welche im Distrikte bis südwestlich von Neuseeland ihren Ursprung hatten, südöstlich von der

„Discovery" und längs eines Bandes von ungefähr 20° Breite, das sich in nordwestlicher Richtung bis England erstreckte, verzeichnet. Sie können in Indien verzeichnet sein, möglicherweise auch nicht, während sie in verhältnismäßig nahen Plätzen, wie Batavia, Manila und Japan, die aber nordwärts vom Herde liegen, sicher nur selten notiert wurden. Es mag noch erwähnt werden, daß sie auch in Kapstadt oder Cordova in Argentinien, die je ungefähr 80° entfernt sind, nicht notiert wurden, sowie auch sonst nirgends am amerikanischen Kontinente. Es scheint sonach, daß merkbare Erderschütterungen, die in jenem Distrikte auftreten, sich in einem Bande in nordwestlicher Richtung bis zu den Antipoden fortpflanzen.

Erdbeben, die von der Westküste Südamerikas herstammen, wurden von der „Discovery" gegen Südwesten registriert, aber die größte Ausdehnung der Wellenbahn ergab sich in nordöstlicher Richtung, in welcher die Beben sich bis nach Westeuropa und auch nahe bis zu den Antipoden nach Sibirien fortpflanzten. Diese wurden aber nicht in Stationen verzeichnet, wo wir sie erwarten sollten, wenn sie sich mit der gleichen Intensität rund um die Erde erstrecken würden.

Störungen mit dem Herde in Japan, auf den Philippinen und in Ostindien wurden südlich bis zur „Discovery" und westlich durch Asien und Europa merkbar, während sie die nähern Stationen in Nordamerika nicht erreicht zu haben scheinen. Es ist bemerkenswert, daß der westliche Weg subkontinental, der östliche subozeanisch ist.

In einigen wenigen Fällen, wo genaue Daten vorlagen, wurden Berechnungen der G e s c h w i n d i g k e i t e n , mit welchen Erdbebenbewegungen in verschiedenen Richtungen rund um und durch die Erde fortgepflanzt wurden, angestellt. Geschwindigkeiten längs der kontinentalen Wege waren zu vergleichen mit solchen längs subozeanischer Wege. So wurde beispielsweise für Erdbeben, die an der Küste von Ostasien auftraten, der Zeitaufwand der Wellen für die Übertragung durch Asien und Europa verglichen mit dem Zeitbedarfe derselben Wellen durch den Pazifischen Ozean nach Neuseeland und zur „Discovery". Die hierüber aufgestellten Tabellen führen zu der Überzeugung, daß die Geschwindigkeit der Erdbebenbewegungen nicht überall gleich ist. Die meisten Tabellen, welche das Verhältnis der Fortpflanzung behandeln, sind nur insofern von Wert, als sie den Charakter der Bewegungen, welche die einzelnen Stationen erreicht haben, angeben.

Die Bestimmung der Zeit, welche Erdbebenwellen brauchen, um von einer seismischen Region zu einer andern zu kommen, führt gelegentlich zu der Folgerung, daß ein Erdbeben häufig als die Folgewirkung einer zweiten Störung betrachtet werden kann. Aus den von der „Discovery" gebrachten Aufzeichnungen können fünf Fälle als Illustration hierfür gelten, nämlich für Erdbeben, welche in einem

Distrikte zu einer Zeit auftraten, wo teleseismische Bewegungen diesen Distrikt erreichten.

Vor einigen Jahren hat Prof. Milne festgestellt, daß Erdbeben, welche ihren Ursprung in der Nachbarschaft von Neuseeland hatten, in diesem Lande, ferner in England, teilweise in Bidstone, aber nicht notwendigerweise in zwischenliegenden Stationen beobachtet wurden. Die Beobachtungen der „Discovery" in Verbindung mit den Beobachtungen von Christchurch, Wellington und Perth, haben diese Wahrnehmung bestätigt, und wir kennen nun einige Fälle, wo die Bewegung aus einem epifokalen Gebiete rund um und durch die Erde gegangen ist, um in meßbarer Stärke bei den Antipoden wieder aufzutreten.

Die Erscheinung könnte auch als Wiedererwachen an den Antipoden, als Konvergenz, fokale Wirkung oder als Gegenstoß aufgefaßt werden. Jede dieser Auffassungen gibt schließlich immerhin noch eine Erklärung dieser gegenpoligen Verwandtschaft.

Über 25 jährige Erdbebenbeobachtungen in der Schweiz machte Prof. Dr. J. Früh Mitteilungen.[1]) Im Jahre 1878 bildete sich in der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft eine Erdbebenkommission, die zwei Jahre später in volle Tätigkeit trat und jetzt auf 25 Jahre derselben zurückblickt. In diesem Zeitraume sind in der Schweiz 822 Erschütterungen beobachtet worden, was auf ein Jahr durchschnittlich 33 ergibt. Sie verteilen sich auf 195 Erdbeben, von denen 168 ihren Herd im eigenen Lande hatten.

Aus den statistischen Zusammenstellungen der Ergebnisse hat sich gezeigt, daß sowohl während der Nachtzeit, als auch im Winter die Erdbeben am häufigsten sind. Was das Areal der Erschütterungsgebiete anbetrifft, so ist dieses sehr verschieden, oft umfaßt es nur wenige Quadratkilometer. Während das Freiburger Beben vom Jahre 1880 ungefähr 3770 *qkm* umfaßte, hat sich das nicht stärkere Berner Beben vom folgenden Jahre auf einem fünf- bis sechsmal größern Gebiete fühlbar gemacht. Nach der Stärke der Bewegung werden zehn Intensitätsgrade unterschieden. Areal und Intensität sind aber nicht proportional. Im Jahre 1898 z. B. fand ein Erdbeben mit dem Herde in Grandson statt, das eine Fläche von 1880 *qkm* erschütterte, im gleichen Jahre ein solches in St. Blaise von bloß 16 *qkm* Schüttergebiet; in beiden Schütterzonen war aber die Intensität die gleiche. In Italien würden bei gleicher Stärke viel größere Schädigungen entstanden sein; denn die Bauart der Behausungen ist dort im allgemeinen eine leichtere. Grandson und St. Blaise sind, wie die 25 jährigen Beobachtungen zur Genüge ergeben, zwei eigentümliche Pulsationsstellen in der Schweiz. Der Kirchturm von Morges ist ein Seismophon ersten Ranges; infolge der

[1]) Erdbebenwarte 5. p. 197.

Nähe der Hämmer erklingen die Glocken jedesmal, wenn eine stärkere Erdbebenwelle unter der Kirche durchzieht.

Auf Bodenbewegungen ist wohl die Trübung von Quellen zurückzuführen, die oft bei den Schweizer Erdbeben beobachtet wird. So trübte sich nach zuverlässigen Berichten in Le Brassus die dortige kristallhelle Stromquelle schon mehrmals viele Tage. Auch in Riesbach soll einmal nach einem Erdbeben eine Quelle in 6 *m* tiefer Leitung mehr als einen Tag trüb geflossen sein. Im Blauseelt bei Kandersteg hat sich 1890 durch Dislokationsvorgänge eine neue Wand gebildet, die sich noch jetzt durch ihr wunderschönes Azurblau verrät. Durch Erdbeben brechen auch Eisdecken auf Flüssen und Seen; solche Beobachtungen konnten an der Aare und an der Arve gemacht werden. Im Winter wird gelegentlich beobachtet, daß die Bäume plötzlich ihren Rauhreif verlieren, obschon weder Wind, noch Sonne im Spiele sind; Schwankungen des Erdbodens müssen die Ursache dieser Erscheinung sein.

Erderschütterungen pflanzen sich im Wasser fort; am Genfer See wurde schon mehrmals Wellengang infolge Erdbebens konstatiert. Eine gleiche Beobachtung machten am 22. Feburar 1898 aus der Schule heimkehrende Kinder in Grandson. „Der See kommt ins Land," riefen sie. Kein Windhauch weit und breit und doch 50 bis 60 *cm* hohe Wellen, welche die Kaimauern überfluteten! In Ermatingen beobachteten Fischer, die auf der Höhe des Sees dem Fange oblagen, wie bei ruhigstem Wetter Millionen von Blasen, an der Wasseroberfläche erschienen. Es war offenbar Sumpfgas, das sich durch ein unterseeisches Beben befreit hatte.

Das Erdbeben in Untersteiermark und Krain am 31. März 1904. Über dasselbe haben Prof. R. Hoernes und Prof. F. Seidel[1]) der K. K. Akademie in Wien einen Bericht vorgelegt, der die folgenden Ergebnisse ihrer Untersuchungen enthält.

Die Zeit des Eintrittes der Erschütterung wird von vielen Beobachtern abgerundet mit $9^3/_4{}^h$ oder $9^h\ 45^m$ gemeldet, verhältnismäßig wenige nennen eine frühere Stoßzeit als $9^h\ 42^m$, manche hingegen auch eine spätere.

Ohne Zweifel hat sich das Erdbeben auf der gesamten fühlbar erschütterten Fläche innerhalb des Zeitraumes von einer Minute abgespielt, und sind die Differenzen in den Angaben nur auf Mängel der Uhren und der Beobachtung zurückzuführen.

Eine gute Kontrolle der Zeitangaben liefern die Aufzeichnungen von Apparaten, welche vorkommende Erderschütterungen automatisch registrieren. Im vorliegenden Falle kommen in Betracht die Seismographen von Laibach, Triest und Pola. Alle drei Stationen sind mit dem Mikroseismographen von Vicentini ausgerüstet.

---

[1]) Mitt. d. Erdbeben-Kommission d. K. K. Akad. d. Wiss. in Wien Nr. XXVII.

Behufs Rekonstruktion des Momentes der stärksten Erschütterung in dem vermutlichen Epizentrum in Trifail fassen die Verfasser die Phase des intensivsten Impulses, wie sie sich als Mittel der registrierten Komponenten ergibt, und erhalten für Laibach als Stoßzeit $9^h 42^m 5^s$, für Triest $9^h 42^m 25.5^s$ und für Pola $9^h 42^m 57^s$.

Der 71 *km* lange Weg Laibach—Triest im Radius Trifail—Triest wurde von der Oberflächenwelle des Erdbebens in 20.5^s durcheilt, also mit einer Geschwindigkeit von 3.46 *km* in der Sekunde. Unter Voraussetzung ebenderselben Geschwindigkeit ergibt sich für die Durchschreitung des Weges Trifail—Laibach ein Zeitraum von 12.4^s und demgemäß als Zeit der stärksten Erschütterung im Epizentrum bei Trifail ca. $9^h 41^m 53^s$.

Die Stärke und Verbreitung der Erderschütterung, sowie die graduelle Abstufung der Energie an der Erdoberfläche mit zunehmender Entfernung von dem Epizentrum wird am vorteilhaftesten kartographisch durch Isoseismen veranschaulicht.

Die zweckmäßigste Grundlage hierzu gibt die bekannte Rossi-Forelsche Skala. Da schwache und mittelstarke Beben wesentlich häufiger sind als sehr starke, so empfiehlt es sich der Vergleichbarkeit halber, die neuere Fassung dieser Skala anzunehmen, welche ihr durch Forster und Heim gegeben wurde, da sie eben die mittlern Grade mehr detailliert und sich somit als praktischer erweist. Leonhard und Volz haben die Unterscheidungen noch schärfer zu fassen versucht, und zuletzt hat F. E. Sueß noch einzelne Bemerkungen hinzugefügt. Diese Sueßsche Fassung diente als Grundlage für die Stellung charakteristischer Fragen des in Österreich eingeführten Fragebogens (und der Fragekarte) in dessen Neuauflage vom Jahre 1904. Infolgedessen empfiehlt es sich, bei Darstellungen durch Isoseismen in Zukunft diese Skala zugrunde zu legen.

In der Isoseismenkarte tritt zunächst die stärkste erschütterte epizentrale Region deutlich hervor. Es kommt ihr ein Flächenraum von 50 *qkm* zu, und sie wird durch die Meldungen von vier Orten: Trifail, Hrastnigg, Dol und St. Katharina gekennzeichnet. In Trifail war die Erschütterung so heftig, daß an einzelnen Stellen sich der Mauerverputz ablöste, und am Fenster stehende Blumentöpfe herabfielen. Aus Hrastnigg melden zwei Berichte übereinstimmend das Abstürzen eines Rauchfanges, einer der beiden Berichte betont auch starken Schrecken unter der Bevölkerung. In Dol bei Hrastnigg bewirkte der „sehr starke" Stoß ein Zerspringen zweier Fensterscheiben.

Man kann in der gewählten schematischen Darstellungsform der epizentralen Region eine annähernd kreisrunde Area von etwa 8 *km* Durchmesser einräumen. Von hier aus breitet sich die Energie der seismischen Störung an der Erdoberfläche nach allen Richtungen durchschnittlich gleichmäßig fort, gleichsam nach Art jener Wellenbewegung, die auf einer ruhenden Wasserfläche durch einen fallenden

Stein hervorgerufen wird, und wächst in der bezeichneten Zone nächst schwächerer Störungen auf der Peripherie eines konzentrischen Kreises von 30 *km* Durchmesser an.

Bezüglich des physikalischen Charakters der Bewegung bemerken die Verfasser: Nach der ältern Ansicht soll die unterirdische Kraft in der epizentralen Region fast ausschließlich in Form von sussultorischen Stößen sich bekunden, in größerer Entfernung aber als eine undulatorische Bewegung auftreten.

Von fünf angeführten Berichten aus der epizentralen Region bezeichnet einer die Art der Bewegung geradeaus als eine undulatorische; die übrigen Berichte aber widersprechen dem nicht oder lassen ohne Zwang eine Auffassung im gleichen Sinne zu.

In den übrigen Zonen der Schütterfläche war die Bewegung ohne Zweifel eine wellenförmige. Einige Beobachter bezeichnen sie geradezu als eine solche, viele verspürten die schwächern Phasen der Bewegung nicht, sondern nur ein oder zwei Maxima derselben und bezeichnen sie daher nur als ein oder zwei Stöße.

Wie andere Erdbeben war auch das in Rede stehende mit einer Schallerscheinung verbunden. Einige Meldungen bezeichnen dieselbe als Sausen, häufiger wird sie als donnerartiges Dröhnen oder Getöse dargestellt, also als ein Schall von tiefem, dumpfem Ton. Der Vergleich mit dem Schalle eines vorüberfahrenden Wagens (Möttnig) deutet das rasche Anschwellen des Tones an. Aus den Schilderungen der zuverlässigern Berichte ist ersichtlich, daß das Dröhnen der Erschütterung vorangegangen ist und sie begleitete.

Die Dauer der Erschütterung ist, wenn man die vorliegenden Daten zusammenfaßt, von weniger als 5^s in der epizentralen Region auf 8^s in 17 *km* Entfernung vom Oberflächenmittelpunkte angewachsen und auf mindestens 10^s in 60 *km* Entfernung.

Die instrumentale Registrierung erfaßt die Bewegung in einem größern Umfange als der Mensch mit seinem Gefühle. Demgemäß dauerte das Beben für die Vertikalkomponente des Seismographen in Laibach auf quartärem Boden nicht weniger als 123^s.

Die Stoßrichtungen, welche an den einzelnen Orten gemeldet werden, können nicht dazu verwendet werden, um den Herd der Erschütterung vom 31. März zu ermitteln. Nicht bloß benachbarte Orte haben ganz verschiedene Stoßrichtungen gemeldet, die zu dem epizentralen Gebiete nicht in Beziehung gebracht werden können, sondern aus einem und demselben Orte (so aus Trifail, aus Tüffer) werden widersprechende Stoßrichtungen angegeben.

Über Vor- und Nachbeben der Haupterschütterung des 31. März läßt sich nichts sicheres ermitteln. „Dagegen,“ sagen die Verfasser, „ist das Beben, welches am 4. April am Westrande der Schütterfläche des 31. März sich auslöste und die Meldungen aus Zirklach und Komenda veranlaßte, geeignet, ein Interesse zu wecken. Es löste sich nämlich vermutlich an einem Punkte der Bruchlinie aus, welche von

Oberburg an westwärts über die Černa dolina und weiter über den Ulrichsberg gegen Zirklach hinstreicht. Parallel mit dieser, nur wenig südlicher, streicht eine zweite derartige Linie des Bruchsystems der Steiner Alpen und ihrer südlichen Vorberge, nämlich die Linie Egg-Glogowitz - Trifail. Sie zieht mitten in das Herdgebiet der Haupterschütterung vom 31. März. Die Vorstellung, daß diese letztere durch eine tektonische Bewegung an einem Punkte der Bruchzone in der Gegend von Trifail veranlaßt wurde, ist offenbar eine sehr nahe liegende. Man hat dann nur einen Schritt weiter zu tun, um in der seismischen Regung vom 4. April ein Relaisbeben, ausgelöst innerhalb des Bruchsystems der Haupterschütterung, anzusehen, oder jene als ein Beispiel für das Wandern des Stoßpunktes innerhalb einer Gruppe paralleler Bruchlinien von einer Linie auf die andere zu bezeichnen."

Das Erdbeben von Skutari im Sommer 1905. Die Erdbebenkommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien hat eine genauere Untersuchung der Vorgänge bei dem nordalbanischen Erdbeben im Juni 1905 veranlaßt, und Dr. G. Vetters berichtet über die Ergebnisse,[1]) zum Teile auf Grund eigener Untersuchungen an Ort und Stelle. Hinsichtlich des von dem Beben am stärksten betroffenen Gebietes Nordalbaniens war er fast ausschließlich auf persönlichen Besuch der einzelnen Ortschaften angewiesen. Die primitiven Zustände der Verkehrswege und Verkehrsmittel und die kulturellen Verhältnisse des Landes machten die Bereisung langwierig und ließen kein vollständiges, sicheres Beobachtungsmaterial zusammenbringen; doch konnte er dank der weitgehenden Unterstützung der K. u. K. Konsularbehörden und des Entgegenkommens der Kaiserlich ottomanischen Behörden, sowie nicht zuletzt infolge der durchaus freundlichen Haltung der einheimischen Bevölkerung seine Reisen ohne jede Gefahr und in aller Ruhe unternehmen und Erkundigungen einziehen.

Diese Reisen erstrecken sich zunächst auf die nähere Umgebung Skutaris: die Zadrima, die nördlich und östlich des Sees gelegene Ebene. Zwei weitere Reisen wurden 1. um den Skutarisee (Dulcigno, Antivari, Virpazar, Rieka, Tuzi, Skutari), 2. in das albanische Küstengebiet (Alessio, Durazzo) und dann in die Merdita (Tirana, Fanital, Oroši und zurück über Kačinjeti und Narači) unternommen. Schließlich wurden Tagesritte auf den Maranaj und nach Mazreku gemacht; im ganzen etwa 75 Orte besucht.

Das Erdbeben begann in Skutari am 1. Juni 6^h 5^m morgens. (So zeigte die nach Ortszeit gerichtete Uhr im Jesuitenkollegium, genau regulierte Uhren sind nicht vorhanden.)

Es wurden sowohl sussultorische wie auch undulatorische Stöße verspürt, und zwar sind die erstern vorangegangen und haben 4 bis 5 Sekunden angedauert, worauf Wellenstöße eintraten (nach andern gingen auch den sussultorischen Stößen zwei bis drei schmale undulatorische voraus). Gesamtdauer 10 bis 12 Sekunden.

Am selben Tage erfolgten nach diesen ersten und stärksten Stößen noch ca. 40 weitere, darunter zwei stärkere gegen Abend und nächsten Morgen. Die folgenden Tage wurden noch weitere, schwächere Stöße gespürt, und durch den ganzen Monat, sowie auch die folgenden, trat noch keine völlige Beruhigung des Bodens ein. Stärkere Stöße wurden z. B. am 2. bis 6., 9., 10., 11., 12., 15., 16., 19. und 30. Juni, 1., 2., 7., 14., dann ein besonders starker am 16. Juli, welcher einigen Schaden in der Umgebung anrichtete, am 18., 20., 21., 22.,

[1]) Anzeiger d. K. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1906. Nr. I. p. 4.

26., 27. Juli von Herrn P. Al. Fracchioni des Skutariner Jesuitenkollegiums verzeichnet. Auch diese Nachstöße waren so wie die anfänglichen von unterirdischen Donnern, Rollen oder schußähnlichen Geräuschen begleitet.

Die Richtung der Hauptstöße wird verschieden angegeben, mit Überwiegen der NO- oder SW-Richtung.

Der in der Stadt Skutari angerichtete Schaden war recht beträchtlich, und wenn auch das Bild, welches die Stadt darbot, kein so gräßliches war, als man nach den Zeitungsberichten sich machen müßte. Von etwa 6500 Häusern sind nach Annahme des K. u. K. Generalkonsulates ein Fünftel gänzlich zusammengestürzt, darunter der jenseits des Drin gelegene Stadtteil Bakćelik mit etwa 100 Häusern. Von den restlichen vier Fünfteln ist ein Drittel ungefähr zum größten Teile zerstört oder einsturzgefährlich geworden. Die übrigen Gebäude blieben zwar aufrecht, zeigten jedoch zahlreiche Risse und Sprünge in den Mauern, welche längere Reparaturen nötig machten.

Der Materialschaden wurde auf ca. 20 Millionen Kronen veranschlagt.

Nicht alle Teile der Stadt wurden in gleicher Weise betroffen, sondern es sind besonders die südlich und tiefer gelegenen Teile, wie Bakćelik, das muhammedanische Viertel und Teile des Christenviertels stark in Mitleidenschaft gezogen worden. Der Basar, nach den Zeitungsberichten gänzlich zerstört und unter einem Bergsturze begraben, hat, von einigen Häusern an der Landungsstelle abgesehen, so gut wie gar nicht gelitten, vermutlich liegt eine Verwechslung mit Bakćelik vor. Der oben erwähnte Bergsturz reduziert sich auf einige herabgefallene Felsblöcke an der SW- und NO-Seite des Rosafberges, wie solche an verschiedenen Punkten der Gebirge sich ereigneten.

Von den Orten der Umgebung haben gleichfalls die südlich und südwestlich der Stadt in der Zadrima gelegenen am stärksten gelitten. Brdica, Bltoja, Zuos, Truši eper, Kuči Bušati usw. sind fast gänzlich oder zum größten Teile zerstört worden, während die höher und auf festerm Gesteine gelegenen Orte geringere Schäden aufwiesen.

Die verderbliche Wirkung des Erdbebens wurde in den erwähnten Orten und Stadtteilen Skutaris außer durch den wenig festen Boden (grobe Schotter, Tone usw.) noch durch die schlechte Bauart der meisten Gebäude vergrößert. Die Mauern sind aus kopfgroßen, abgerundeten Teilen zweiteilig aufgeführt, schlecht verbunden, während die Ziegeldächer ziemlich großes Gewicht besitzen. Hohe, freistehende, dabei gut zusammengefügte Objekte, wie die Kirchentürme (Kathedrale, Franziskaner), und besonders die schlanken Minarets führten deutlich sichtbare, große Schwingungen aus, um dann fast unversehrt in die Ruhelage zurückzukehren. Nur von dem Minaret in Bakćelik und Zuos wurden die obern Teile herabgeworfen, und an den beiden Kirchentürmen wurden die schweren Kreuze verbogen (Kathedrale) oder verdreht (Franziskaner).

Die Zahl der durch die einstürzenden Häuser Getöteten war nicht genau zu erfahren. Es sollen etwa 170 Personen (davon in Bakćelik allein 37) getötet und 400 bis 500 verletzt worden sein.

Von anderweitigen Erdbebenwirkungen sind Erdspalten zu nennen, die sich in der Zadrima besonders am Bojanaufer bildeten. Bei Derigjat öffnete sich der Boden und ließ beim darauffolgenden Schließen das Grundwasser hoch herausspritzen. Ferner trat vielfach ein Anschwellen und Trübung des Quell- und Brunnenwassers ein.

Auf dem Skutarisee, am Bojanaflusse, sowie in der Adria zwischen Antivari und der Bojanamündung spürten die dort befindlichen Schiffe das Beben als starken, senkrechten Stoß. Anschwellen und Rückstauung des Sees trat nicht ein.

Weithin wurde die erste starke Phase dieses Bebens gespürt. In Dalmatien bis nach Zara, dann in fast ganz Montenegro, bis nach Prizren, Oroši gegen Osten und bis Durazzo, Tirana und selbst Elbassan nach Süden.

Das Gebiet der stärksten Beschädigung wurde bereits durch die oben genannten Orte der südlichen Umgebung Skutaris umschrieben. Zahlreiche

Gebäudeschäden wurden in der ganzen Ebene nördlich und südlich angerichtet. Dieses Gebiet reichte nach Westen nicht über den Mali-Amulit und nach Süden nicht über Alessio hinaus. Und auch die an den Kalkgebirgen gelegenen Orte wie Kukli, Kakariši, Kalmeti haben keinen besondern Schaden erlitten.

Dagegen wurden in der Merdita am Wege nach Oroši in mehrern Orten einzelne Gebäude beschädigt, wie in Kaćinjeti, Šnerjć, Kaćinari und in Oroši selbst, z. B. die Villa des Abbé, wobei die Stoßrichtung W—O angegeben wurde. Ferner weiter südlich in Selita und Perlati, sowie im Matitale (Stogjin), während in den westlich am Gebirgsrande gelegenen Orten Rubigo, Miljoti, Delbinisti, Laći usw. kein Schaden angerichtet wurde. Es scheinen sich die Stöße somit im Rücken (Osten) der randlichen Kalkgebirge, in den an lockern eruptiven Verwitterungsmassen reichen Schichten der sogenannten Schieferhornsteinformation, mit größerer Intensität fortgepflanzt zu haben.

Gegen das montenegrinische Küstenland erstreckt sich das Gebiet großer Intensität längs der Störungslinie zwischen Tertiär und ältern Gebirge über Mila, Kruša nach Antivari, wo einige Gebäude stark gelitten haben: das Minaret vor dem Gemeindehause und besonders die katholische Kirche und das erzbischöfliche Palais, was zum Teile mit der wenig guten Mauerung zusammenhängt.

Alle hier wahrgenommenen Stöße waren wellenförmig und von Südwesten gegen Osten gerichtet. Sussultorische Stöße fehlten, der erste Stoß trat nach Angabe der Hafenwarte Pristan um 5^h 45^m 24^s (astronom.) ein.

Auch die Orte der Umgebung, sowie das südlichste Dalmatien Šusanj, Sutomore usw. wurden sehr stark betroffen.

Dagegen hatten die Orte am Ostfuße des Taraboš (Široka, Zogai usw.) wenig zu leiden.

Stark war das Beben erst wieder in der untern Crmnica bei Virpazar fühlbar. Es ist dies der am meisten geschädigte Teil von Montenegro. 20 Häuser wurden gänzlich vernichtet, über 50 stark beschädigt, und auch einige Menschenleben sind zu beklagen. Virpazar selbst, auf einem künstlichen Sockel in dem sumpfigen Gebiete an der Mündung der Crmnica errichtet, hat dank der solidern Bauart geringern Schaden aufzuweisen; stark beschädigt wurde nur das zweistöckige Gerichtsgebäude. Das Beben ereignete sich zur selben Zeit wie in Skutari, und die Stöße waren gleicher Natur, zwei bis drei leichte Wellenstöße, dann starke sussultorische und nachher neuerdings undulatorische Stöße, letztere dauerten mehrere Tage und hatten SO—NW-Richtung.

Schwach war die Wirkung des Bebens in den höher gelegenen Orten Montenegros wie Rieka, Cetinje, schwächer als im gleich weit entfernten Küstengebiete.

Größere Stärke besaß es im niedern Gebiete des Ćemovsko polje bis Podgorica und Špuša. In Podgorica selbst war der Schaden gering (zwei Häuser des Türkenviertels und die eine in Reparatur befindliche Ribnicabrücke wurden stark beschädigt). Stärker wurde die Umgebung betroffen, z. B. Mahala, Majanovici, Ljesko polje im Süden, im Norden Zlatica (eine Brücke) und besonders Špuša (fünf Häuser), welches in der Alluvialebene der Zeta hart am Gebirgsrande liegt. Auch in Podgorica waren die stärksten Stöße sussultorisch, denen undulatorische folgten. Auch hier hielten leichtere Nachstöße noch lange an.

Die Ortschaften am Nordostrande des Sees haben gleichfalls unter dem Beben vielfach gelitten.

Daß das Erdbeben von Skutari tektonischer Natur sei, wurde von Anfang an mit Recht geglaubt, und man brachte es mit der Scharung der dinarischen und albanischen Ketten in Zusammenhang. Dr. Vetters glaubt, daß dieses Beben nicht nur an eine Störungslinie geknüpft war, sondern sowohl die NW—SO gerichtete und dann gegen NO umgebogene Bruch- und Überschiebungslinie, welche die tertiären und kretazischen Ketten von traidischem Taraboskamme trennt, wie auch die westliche Abbruchslinie des albanesischen Gebirges, die sich gegen NW in das Becken des Sees fortsetzen mag, damit hauptsächlich im Zusammenhange stehen.

Daher die Verbreitung des Gebietes größerer Stärke gegen Antivari und Süddalmatien einerseits, anderseits mit teilweiser Überspringung des südlichen, felsigen Westrandes in das Gebiet des Skutarisees bis an die höhern Gebiete des montenegrinischen Plateaus gegen Norden und im Zadrimagebiete nach Süden. Daher zeigte sich auch in Dulcigno ein etwas abweichendes Verhalten. Das Beben vom 1. Juni war verhältnismäßig schwach, wellenförmige NW—SO gerichtete Stöße allein wurden verspürt, während der Stoß vom 16. Juli stärker fühlbar war.

Das Gebiet der größten Intensität war in Skutari und der unmittelbar benachbarten Gegend gelegen, d. i. im Kreuzungspunkte der erwähnten zwei Hauptstörungslinien.

Ohne zwar zwingende Beweise dafür erbringen zu können, glaubt Dr. Vetters auf die Möglichkeit hinweisen zu müssen, daß die erste Auslösung des Bebens nicht hier im Gebiete größter Heftigkeit stattfand, sondern von der großen NW—OS Störungslinie Antivari—Mila, parallel zu den Staffelabbrüchen des adriatischen Beckens. Nach den meisten übereinstimmenden Aussagen kamen in diesem Gebiete die Stöße vom Meere her und pflanzten sich am Gebirgsrande gegen Skutari fort. Auch in Obotti, Zuos, Gorica wurde Ostrichtung der Stöße angegeben, und konnte Dr. Vetters selbst die Stöße nach herabgefallenen Objekten (Turm, Minaretdach usw.) beobachten. Auch das Fehlen sussultorischer Stöße im Küstengebiete im Gegensatze zum Seegebiete scheint auffallend. Möglich also, daß an dieser Linie bei Antivari etwa die erste Spannungsauslösung erfolgte, die sich gegen Dalmatien, dann gegen SO und am Tarabosfuße nach NO fortpflanzte und am Kreuzungspunkte mit der Abbruchslinie der albanischen Ketten stärkere, sussultorische Stöße auslöste, welche sich dann an dieser NW—SO-Abbruchslinie der albanischen Ketten fortpflanzten und das ganze Seegebiet und die südliche Ebene in Mitschwingung versetzten.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 in Columbien ist in Europa nach seiner Bedeutung weniger bekannt geworden. Eine wissenschaftliche Beschreibung bringt die englische Zeitschrift „Nature“, aus der E. Tießen einen Auszug gibt.[1]) Dieses Erdbeben dürfte hiernach in mancher Hinsicht höchst merkwürdig sein. So beispielsweise durch den Umstand, daß unter dem Einflusse der Erderschütterungen ganze Inseln versunken sind, aber nicht plötzlich, sondern so allmählich, daß sich ihre Bewohner noch in Booten zu retten vermochten. Die außerordentliche Langsamkeit, mit der die Kunde von den Ereignissen nach Europa gelangt ist, ist größtenteils wohl auf die Unterbrechung der Kabel durch die Erdbewegung zu schieben. Diese läßt sich zum Teile erklären durch das Auftreten mächtiger Erdbebenwellen, die längs der Westküste von Columbien zwischen den Orten Tumaco und Buenaventura den Strand weit bis ins Innere hinein überschwemmten. Die Erdbebenapparate haben in Europa diese Geschehnisse weit früher angezeigt als irgend eine direkte Mitteilung. Namentlich auf der Insel Wight an der südenglischen Küste haben die Beobachtungen eine ganze Geschichte dieser Erderschütterungen geliefert. Die erste Ankündigung einer großen Erdbewegung erfolgte dort am genannten Tage $3^h\ 47^m$ nachmittags, und nach weitern 35 Minuten hatten die Erschütterungen ihren Höhe-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1906. p. 278.

punkt erreicht. Daraus läßt sich berechnen, daß das große Erdbeben in Columbien nach dortiger Zeit etwa um 10^h 9^m vormittags eingetreten sein muß. Dadurch werden auch die Folgen der Katastrophe einigermaßen gemildert worden sein, weil sich die Bewohner der Küste bereits in Tätigkeit und zum großen Teile wahrscheinlich auch außerhalb der Häuser befunden haben. Zur Reise nach der europäischen Küste brauchen die Erdbebenwellen etwa zwei Stunden, und mittlerweile muß jeder Bewohner der ganzen Erde wenigstens drei oder vier Stunden lang auf schwankendem Boden gestanden haben, wenn auch meist die Erdbewegungen nicht mehr stark genug waren, um für die Nerven der Menschen unmittelbar bemerkbar zu sein. Alle Instrumente auf der Erde aber, die zur Aufzeichnung ferner Erdbeben eingerichtet sind, haben Urkunden darüber geliefert, die Luftblase in jeder empfindlichen Wasserwage hat die Schwankungen der Erde sichtbar gemacht, viele Magnetnadeln sind unter ihrem Einflusse hin und her geschwungen, Pendel haben Beschleunigungen oder Verzögerungen erlitten usw. Aber nicht nur an ihrer Oberfläche, sondern auch in ihren Tiefen hat die ganze Erde Erschütterungen erlitten. Der innere Bau unseres Planeten ist gestört worden, und dies Ereignis in der Lebensgeschichte der Erde ist jedenfalls noch nicht zum Abschlusse gekommen. Der Ursprungsort des letzten Columbischen Erdbebens befand sich wahrscheinlich unter dem Ozeane; denn vor der Mündung des Esmeraldaflusses sind beträchtliche Hebungen des Meeresbodens erfolgt. Im ganzen geschahen dort nicht weniger als 15 Kabelunterbrechungen.

Eine Zusammenstellung der makroseismischen Bewegungen im Monate April 1906 gab die Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg.[1]) Sie ist nachstehend wiedergegeben und enthält in tabellarischer Form die wichtigsten Angaben über die stärksten Erdbeben, welche im Monate April verspürt worden sind. In der ersten Kolumne sind die Orte angegeben, welche das Beben gefühlt haben, oder die Gebiete, über welche sich die Erschütterung ausdehnte. Diejenigen Orte, welche ein und demselben Schüttergebiete angehören, sind dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Kolumne das Datum bei dem ersten Orte angeführt, bei den folgenden dazu gehörigen aber nur durch " bezeichnet ist. Die Zeit des Bebens ist in mittlerer Zeit von Greenwich ausgedrückt; die entsprechende mitteleuropäische Zeit erhält man, indem man eine Stunde addiert. Was die Art der Bewegung betrifft, so läßt das plötzliche Auftreten von vertikalen Stößen gewöhnlich darauf schließen, daß der Ausgangspunkt der Bewegung an der Erdoberfläche (das Epizentrum) in der des in der ersten Kolumne genannten Ortes lag; ist die Bewegung dagegen horizontal und langsam, so befand sich der Beobachtungsort

---

[1]) Beilage zu Nr. 108 der Straßburger Korrespondenz.



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

schon in größerm Abstande vom Epizentrum. Die Intensität der Erschütterung ist nach der vierteiligen Skala: stark, schwach, leicht, sehr leicht ausgedrückt.

Sieht man von dem schweren kalifornischen Beben vom 18. April und dem italienischen am 21. ab, so haben im Monate April alle stärkern Erschütterungen in Ostasien stattgefunden; besonders tätig war das bekannte Schüttergebiet, welches sich von der Insel Formosa über die Pescadores nach der gegenüberliegenden Küste Chinas erstreckt; ihm gehören nicht weniger als vier Beben an. Ebenso oft wurde die Hauptinsel des Japanischen Reiches, Nippon, von Beben heimgesucht. Das Beben vom 6. April umfaßte die Westküste von Korea.

(Hierzu die Tabelle Seite 146 und 147.)

Das Erdbeben in San Francisco am 18. April 1906. Dieses Erdbeben, welches die Stadt San Francisco traf und besonders durch die im Gefolge der Hauseinstürze entstandenen Feuersbrünste dort die schrecklichsten Verheerungen anrichtete, äußerte sich daselbst durch eine Anzahl von Stößen, von denen der dritte der heftigste war. C. Davison kommt auf Grund seiner Ermittlungen zu folgenden Ergebnissen:[1] „Der erste Erdstoß in San Francisco erfolgte um $5^h\ 13^m$ früh, d. h. um $1^h\ 13^m$ nachmittags mittlerer Greenwicher Zeit. Die erste Reihe der Vorbeben (preliminary tremors) erreichte Birmingham um $1^h\ 1^m\ 3^s$ nachmittags. Die Amplituden waren klein und hatten eine mittlere Periode von 6.4^s. Um $1^h\ 35^m\ 7^s$ folgte die zweite Reihe, größer in der Amplitude und mit einer Durchschnittsperiode von 11.4^s. Diese Erzitterungen pflanzen sich mit einer Geschwindigkeit von 10 und mehr Kilometern in der Sekunde durch den Erdkörper fort. Um $1^h\ 45^m\ 13^s$ begann die Hauptbewegung, aus Wellen bestehend, die mit der fast gleichmäßigen Geschwindigkeit von 3.3 bis 3.4 *km* in der Sekunde über die Erdoberfläche gehen. Zu Anfang dieses Stadiums betrug die mittlere Schwingungsperiode 44.1^s, später 25.2 und am Schlusse 16.2^s. Hier liegt eine Lücke in den Registrierungen infolge mehrmaligen Aussetzens des Zeigers (Omoris Horizontalpendel). Das Endstadium der Störungen (Nachbeben) begann um $2^h\ 1^m\ 45^s$ und zeichnete sich durch eine lange Reihe ungewöhnlich klarer und regelmäßiger Wellen von 15^s Periode aus. Die Dauer dieses Stadiums ist ungewiß; denn seine Wellen wurden um $3^h\ 28^m\ 38^s$ durch die Schwingungen des ersten Stadiums verstärkt, die inzwischen zum ersten Male um die Erde gegangen waren und nunmehr zurückkehrten. Lange, schwache Schwingungen wurden in der Zeit von $4^h\ 58^m\ 32^s$ bis $5^h\ 6^m\ 34^s$ aufgezeichnet; sie repräsentieren die erneute Wiederkehr der ersten Reihe der Oberflächenschwingungen, nachdem diese nochmals die Reise um den Erdball zurückgelegt hatten. Der Zwischenraum zwischen

[1]) Globus Nr. 20 p. 323.

Ort oder Schüttergebiet	Tag	Gr. Zeit	Bewegung				Bemerkungen
			Art	Intens.	Dauer	Richtung	
Taichu	2.	3.54.29		leicht			Häuser erschüttert
Kanayama	4.	1.04.24	plötzlich	„			„ „
Ishinomaki	„	1.04.32		„			Häuser erschüttert, Geräusch
Fukushima	„	1.05.42		„			Häuser erschüttert
Ostnippon	5.						
Choshi	„	2.49.21	langsam	schwach			
Kanayama	„	2.50.04		„	lange		
Ishinomaki	„	2.50.34	vertikal	„			Häuser erschüttert
Tokio	„	2.50.54	langsam	„			
Mito	„	2.51.11	plötzlich, vertikal	„			„ „
Chemulpo	6.	5.04.45	vertikal	schwach			
Formosa - Pescadores - Amoy	7.						
Koshun	„	4.52.01		leicht			
Tainan	„	4.52.18	horizontal u. vertikal	schwach		N 29° E	
Hokoto	„	4.52.49		„		SSE—NNW	Häuser erschüttert
Taichu	„	4.53.15		„		SE	„ „
Taihoku	„	4.53.40		leicht			
Formosa - Pescadores	7.						
Hokoto	7.	22.39.07	langsam	„		SSE—NNW	„ „
Tainan	„	22.39.41	horizontal u. vertikal	schwach		SE	„ „
Taichu	„	22.40.25	plötzlich				„ „
Taihoku	„	22.40.29	„	leicht			
Koshun	„	22.40.31		„			

Ostnippon	8.						
Utsunomiya	„	17.38.14	plötzlich	schwach			
Yokohama	„	17.39.01	langsam	„			
Mito	„	17.36.52	vertikal	leicht			
Numadsu	„	17.37.46		„	lange		
Tokio	9.	22.02.14	plötzlich	„			
Kumagai	„	22.03.22		„			Häuser erschüttert
Yokohama	„	22.03.23	„	„			
Zentralnippon	11.						
Hikone	„	10.08.05		schwach			„ „
Kyoto	„	10.08.41	langsam	„			
Nagoya	„	10.09.46	vertikal	leicht			„ „
Formosa-Amoy	13.						
Taito	„	19.14.40					
Tainan	„	19.17.39	vertikal u. horizontal	stark		N 51° E	Uhren blieben stehen
Taichu	„	19.17.58	plötzlich	„		E	Häuser erschüttert
Taihoku	„	19.18.25	„	„	lange	S 32° W—N 32° E	„ „
Hokoto	„	19.16.59	vertikal	leicht		ESE-WNW	„ „
Formosa-Amoy	13.						
Tainan	„	23.51.52	„	stark		N 40° E	Häuser beschädigt
Koshun	„	23.52.38	vertikal, plötzlich	„			Häuser erschüttert
Taito	„	23.49.10		schwach		SE—NW	„ „
Hokoto	„	23.51.32	vertikal, plötzlich	„		ENE-WSW	„ „
Zentralnippon	18.						
Jida	20.	19.39.57	vertikal	stark			„ „
Kansawa	„	19.37.46	„	schwach			
Nagonya	„	19.39.53		„			„ „
Siena-Poggibonsi	21.	6.34.	7 Stöße	stark			Häuser beschädigt

dem ersten und dritten Durchgange dieser Wellen war $3^h\ 13^m\ 19^s$ und entspricht einer Geschwindigkeit von 3.36 *km* in der Sekunde."

Bezüglich der Aufzeichnungen der Seismographen besonders in Europa liegen zurzeit folgende Angaben vor:

Auf sämtlichen Registrierapparaten der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg i. E. begann, wie der Direktor des Instituts mitteilt, am Nachmittage des 18. April um $2^h\ 24^m\ 50^s$ mitteleuropäischer Zeit die Aufzeichnung eines Erdbebens, welche auf den ersten Blick erkennen ließ, daß dasselbe an seinem Ursprungsorte von verheerender Wirkung sein mußte. Die Herdentfernung berechnete sich auf rund 9500 *km* in ostwestlicher Richtung. Die auf dem instrumentellen Bebenbilde um $2^h\ 48^m$ einsetzenden Wellenzüge sind diejenigen, welche den in Kalifornien körperlich gefühlten Erdstößen entsprechen. Da diese Wellenzüge sich erfahrungsgemäß mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 *km* in der Sekunde fortpflanzen, so gebrauchte das Erdbeben 32^m, um von Kalifornien nach Straßburg zu gelangen, fand also in San Francisco 32^m früher, um $2^h\ 16^m$ nachmittags mitteleuropäischer Zeit $=$ $5^h\ 16^m$ früh pazifischer Zeit statt. An den Apparaten in Straßburg hörte die vom Erdbeben ausgelöste Bewegung erst gegen $6^h\ 45^m$ abends auf; es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Wellen des in San Francisco um 8 Uhr verspürten zweiten Stoßes auf dem instrumentellen Bebenbilde sich zum Teile mit denjenigen des ersten Stoßes verdecken.

L e i p z i g. Das Erdbeben von San Francisco ist auch im Seismometer des geologischen Institutes der dortigen Universität deutlich in Erscheinung getreten. Die ersten Wellen trafen hier am Mittwoch nachmittags $2^h\ 24^m\ 53^s$ ein, also ungefähr um $5^h\ 30^m$ früh nach der Ortszeit von San Francisco. Die stärksten Wellen machten sich hier um $3^h\ 6^m$ bemerkbar. Dann folgte eine lange Reihe von Nacherzitterungen, die bis gegen 6 Uhr nachmittags anhielten. Die stärksten Oberflächenwellen haben in Leipzig noch horizontale Bodenschwankungen von 1 bis 1.4 *cm* Weite bemerkbar gemacht, die nach Ansicht der Sachverständigen auch hier zerstörend gewirkt haben würden, wenn diese Bewegungen bei ihrer weiten Entfernung vom Ursprungsorte nicht außerordentlich langsam, sondern in Form von kurzen Stößen erfolgt wären.

H a m b u r g. Nach Angaben der dortigen Hauptstation für Erdbebenforschungen am physikalischen Staatslaboratorium, haben auch die Registrierinstrumente der dortigen Station den Verlauf des furchtbaren Erdbebens in Kalifornien genau verzeichnet. Die ersten Vorbeben wurden bereits in der Mittagsstunde des 18. April verzeichnet. Gegen 3 Uhr nachmittags erreichten die Erschütterungen der Erde hier ihren Höhepunkt. Wie ungeheuer die Gewalt des Erdbebens gewesen ist, ergibt sich aus der Größe der Aufzeichnungen der Hamburger Instrumente; die Erschütterungskurven sind weit bedeutender als diejenigen, die bei den heftigen Vesuvausbrüchen der jüngsten

Zeit erhalten wurden. Die Stärke der beobachteten Erdbebenwellen entspricht ungefähr der der Wellen des furchtbaren kalabrischen Erdbebens vom vorigen Jahre. Beachtet man aber, daß letzteres in einer Entfernung von etwa 2200 *km* stattfand, San Francisco dagegen etwa 15000 *km* von Hamburg entfernt ist, so ergibt sich, daß die Gewalt des kalifornischen Bebens außerordentlich viel größer gewesen sein muß, als die des kalabrischen. Es gehört, wie das erwähnte wissenschaftliche Institut bemerkt, wahrscheinlich zu den heftigsten Erschütterungen des Erdkörpers, die in historischer Zeit stattgefunden haben.

London. Der Seismograph in dem Observatorium des Richmond Parks zeigte die ersten Schwingungen am Mittwoch um 1^h 25^m nachmittags. Die Höchstschwingungen wurden zwischen 1^h 58^m und 2^h 3^m, das Ende 4^h 30^m verzeichnet.

Moskau. Der Seismograph der Moskauer Universität registrierte die Störung fast zu gleicher Stunde, als das Unglück in San Francisco passierte, und zwar den Anfang um 4^h 23^m nachmittags am 18. April, was unter Berücksichtigung des Zeitunterschiedes 5^h 30^m nachmittags in Kalifornien ausmacht. Die Störung dauerte auf ihrem Höhepunkte 9^m, um 4^h 27^m beginnend.

Der Seismograph in Britisch-Kolumbien verzeichnete den Beginn des Erdbebens in San Francisco um 5^h 16^m früh und gab eine Dauer von 9^m an. Nach diesem Seismographen trat die heftigste Erschütterung 18^m nach 5^h ein. Die Erderschütterung war so stark, daß sie in Victoria das horizontale Pendel des Instrumentes 9 Minuten lang über die ganze photographische Rolle in Schwingung versetzte. Nach Prof. Reed, der die seismographischen Beobachtungen leitete, liegt das Zentrum der Erderschütterung in der See.

In Washington wurden noch am Nachmittage Vibrationen festgestellt.

Wien. Die Seismographen ergaben in mitteleuropäischer Zeit von Mitternacht an gerechnet:

Beginn des ersten Vorläufers . . .	14^h	25^m 42^s
„ „ zweiten Vorläufers . . .	14	45.4^m
„ der Hauptphase	14	15
Maximum der Bewegung	15	0^m 40^s
Nachläufer	15	17
Erlöschen der sichtbaren Bewegung nach	17	30

Aus den bis jetzt vorliegenden Nachrichten ergibt sich, daß das Erdbeben von San Francisco die Seismographen auf der ganzen Erde in Bewegung gesetzt. Die erste Erschütterung fand statt gegen 1^h 10^m mittlerer Zeit von Greenwich, also gegen 2^h 10^m nach unserer mitteleuropäischen Zeit. Der erste von dem Stoße in Bewegung gesetzte Seismograph war derjenige zu Victoria in Britisch-Kolumbien um 1^h 16^m Greenwicher Zeit. In England und auf dem europäischen Festlande wurde der erste Stoß um 1^h 25^m (Greenwicher Zeit) registriert. Die Hauptwelle der seismischen Erschütterung pflanzte sich rund um die ganze Erde fort und setzte, zurückkehrend, nochmals

eine Anzahl Seismographen in Bewegung. Ihre Fortbewegung geschah mit einer Geschwindigkeit von 3.3 bis 3.4 *km* in der Sekunde. Nach den Registrierungen zu Birmingham dauerten die aufeinanderfolgenden Schwingungen 6.4, 11.4, 44.1^{s}, um dann völlig abzuklingen.

Infolge der gewaltigen Verwüstung, die das Erdbeben in San Francisco angerichtet hat, sind seine Wirkungen auf die Landdistrikte von Kalifornien fast unbeachtet geblieben. Eine anschauliche Schilderung davon gibt der Richter Thomas W. Blackburn von Omaha, der am Morgen des verhängnisvollen Tages auf einem Southern-Pacific-Zuge zwischen Los Angeles und San Francisco war. „In Pajaro,“ sagt er, „teilten uns die Zugbeamten mit, daß in der Nähe zehn Frachtwagen auf unser Geleis geworfen worden wären, und wir fünf Stunden Aufenthalt hätten. Viele stiegen aus und begaben sich nach Watsonville, einem Städtchen von 5000 Einwohnern. Ich ging mit ihnen, und das erste, was ich sah, war, daß die Brücke über den Pajarofluß vollständig aus dem Lote gekommen war. In den Zugängen waren starke Risse zu bemerken, und die Pfeiler waren verbogen. Wir wurden dort 30 Stunden aufgehalten und mußten dann zu Fuße über die Brücke marschieren. Schließlich kamen wir nach Oakland, wo ich den Überlandzug nahm, um nach Hause zu kommen. Jede Stadt, durch die wir kamen, zeigte die Spuren des Erdbebens, und fast überall kampierten die Einwohner im Freien. Eisenbahnbrücken mit verbogenen Balken, zertrümmertem Mauerwerke oder andern Folgen einer schweren Erschütterung hielten uns allenthalben auf. Ich sah 200 Fuß hohe Hügel von oben bis unten gespalten. An vielen Stellen fand man Bergrutsche, und das Bett von Bächen und Flüssen war vielfach verändert. In Gilroy waren alle Spiegelglasscheiben zerstört und jede Mauer geborsten; ja zwischen Salinas und Sacramento sah ich keinen einzigen Schornstein mehr auf einem Hause. San José hatte schwer gelitten; alle Geschäfte waren zum Stillstande gekommen, und in den Straßen sah man viele Trümmer. Die furchtbaren Brände in San Francisco konnte man noch aus einer Entfernung von 75 Meilen sehen.“

Der Berichterstatter der Kölnischen Zeitung schreibt: Heute, eine Woche nach dem großen mittelkalifornischen Erdbeben, läßt sich der Umfang der Verheerungen nicht nachweisen; sicherlich erstrecken sie sich über 350 *km*, wie denn Los Banos bei Fresno im Süden schwer gelitten hat, während im Norden noch Mendocino Country zerstörende Wirkungen des Erdbebens meldete. Am stärksten heimgesucht wurde eine Reihe Orte an dem Senkungsgebiete der Bucht von San Francisco und seiner südlichen und nördlichen Fortsetzung, und zwar vornehmlich auf der Westseite dieser Talstrecke, die nach Lawson noch in einem Senkungsprozesse begriffen ist, was sie eben zum Erdbebenherde stempelt. Neben San Francisco haben Santa Rosa im Norden, die Leland Stanford-Universität bei Palo Alto und San José nebst dem benachbarten

Agnews (Staatsirrenanstalt) im Süden am heftigsten unter den Stößen gelitten; in zweiter Linie die Ortschaften um die Bucht von Monterey: Santa Cruz, Salinas, Del Monte usw.

Eine Erdbebenkommission unter Professor Lawson von der Staatsuniversität in Berkeley, die vom Gouverneur des Staates am 21. April eingesetzt wurde, hat einen Vorbericht erstattet. Der Bericht erwähnt eine Linie von eigentümlichem geomorphologischen Ausdrucke, die sich 590 *km* lang von nahe bei Pont Arena (39. Breitengrad) bis zum Mount Pinos (34° 45′) quer über das bergige Küstenland zieht. Etwa 69 *km* südlich von ihrem Nordende streicht sie ins Meer, kommt an der Wurzel der kleinen Bodegahalbinsel wieder hervor und verliert sich abermals unter der Bodegabucht, bildet die lange Tomalesbucht und die Bolinaslagune, um 12 *km* südlich vom Cliff House bei San Francisco abermals das Land zu erreichen. Auf der Halbinsel von San Francisco hält sich die Linie auf der Ostseite, übersteigt einen Sattel des Black Mountain und zieht durch die Santa Cruzberge zum Benitotal, weiter zu dem östlichen Quellflusse des Salinas und durch die wüstenartige Carissaebene. Allein oder in parallelen Zügen ist die Linie wahrscheinlich auch südlich vom Mount Pinos bis an den Südostrand der Coloradowüste nachzuweisen. Sie folgt im allgemeinen einem Systeme enger und langgezogener Täler oder hält sich in weiten Talbildungen an den Fuß der einschließenden Berge, die dann eine sehr gerade Richtung einhalten. Bei Wasserscheiden übersteigt sie das Gebirge. Wo diese Linie sichtbar wird, findet man gewöhnlich plötzliche Abweichungen von der normalen Neigung der Talseiten, und es treten niedrige, aber steilabschüssige Wände auf, an deren Fuße nicht selten abflußlose Bassins vorkommen. An vielen Stellen kann natürlich infolge der Verwitterungen bloß das Auge des Geologen die Anzeichen ihres Vorhandenseins erkennen; wo die Linie aber mehr wüstenähnliche Teile der Küstengebirge durchzieht, wie in der Carissaebene, ist sie den Anwohnern wohlbekannt und wird allgemein „der Erdbebenriß“ genannt. Unverkennbar handelt es sich um eine Bruchlinie der Erdkruste, deren erste Entstehung in sehr frühe Perioden der Quartärzeit reicht.

Das Erdbeben vom 18. April wurde veranlaßt durch eine Bewegung der obern Erdkruste auf dieser Linie. Die Länge des Spaltes, auf dem sich diesmal die Dislokation vollzog, ist noch nicht völlig bekannt, sicherlich aber geht er von Point Arena bis nahe bei San Juan östlich der Bucht von Monterey, 296 *km*. Die Zerstörung der Orte Petrolia und Ferndale in Humboldt County beweist, daß sich die Bewegung auf dem Spalte wenigstens bis zum Kap Mendocino nördlich weiter fortsetzte, aber es ist noch zu untersuchen, ob die Spaltlinie hier inlands zieht oder unter dem Meere. Auf dieser Strecke von 296 *km*, auf der die Bodenveränderung wahrgenommen wurde, war die Verschiebung im wesentlichen eine horizontale, und das Land südwestlich der Spalte schob sich gegen Nordwesten (in bezug

auf das Land nordöstlich der Spalte). Das bedeutet aber nicht, daß die Südwestseite allein bewegt wurde, sondern beide Seiten bewegten sich wahrscheinlich in entgegengesetzter Richtung. Der Nachweis des Bruches und der Bewegungen zu beiden Seiten der Bruchlinie ist sehr klar und unbestreitbar. Der Boden stellte eine zusammenhängende Furche dar, im allgemeinen mehrere Fuß breit mit Transversalrissen, an denen die Kraft der Drehung zum Ausdrucke kommt. Alle Zäune, Wege, Wasserläufe, Röhrenleitungen, Dämme und Grenzlinien, die der Spalt überschreitet, sind verschoben, und zwar um 6 bis 16 Fuß, durchschnittlich um 10 Fuß. Neben dieser Horizontalverschiebung ist in den Grafschaften Sonoma und Mendocino nordwestlich von der Bucht von San Francisco eine Vertikalveränderung nachgewiesen, durch die das Land auf der Südwestseite der Spalte bis zu vier Fuß über das Land auf der Nordostseite gehoben wurde; auf der Halbinsel von San Francisco ist indessen diese Vertikalbewegung kaum zu erkennen. Infolge der Schiebungen ist es wahrscheinlich, daß alle Punkte der Küstengebirgsketten dauernd um einige Fuß verrückt wurden, doch wird dies durch bundesamtliche geodätische Arbeiten genauer festzustellen sein. Die außerordentliche Länge der Bruchlinie deutet auf große Tiefe des Bruches, und das Studium der Frage nach dieser Tiefe wird von großer geophysischer Wichtigkeit sein.

Die zerstörenden Wirkungen des Erdbebens erstrecken sich etwa 40 bis 50 *km* zu beiden Seiten des Spaltes, und zwar von Eureka in Humboldt County bis zur Südspitze von Fresno County, ungefähr 650 *km*. In seinen schwächern Äußerungen macht sich aber das Erdbeben viel weiter bemerkbar, von Coos Bay in Oregon bis nach Los Angeles, und gegen Osten hin über den größern Teil von Mittelkalifornien, und bis in das östliche Nevada. Weit über die Region, wo sie unmittelbar gefühlt wurde, pflanzte sich die Erdbebenwelle sowohl durch das Erdinnere, wie rings um die Erdoberfäche herum fort, so daß die Instrumente in Washington, Sitka, Potsdam und Tokio sie verzeichneten. Innerhalb der Region der Zerstörungen war die Stärke sehr verschieden. Die gewaltigsten Wirkungen fanden unmittelbar auf der Bruchlinie statt: Brücken, Wasserrohre und Leitungen wurden hier auseinandergerissen, Bäume in großer Zahl zu Boden geworfen oder entzweigebrochen, auch der Länge nach gespalten. Stellenweise öffnete und schloß sich die Erdoberfläche, und in einem Falle wird gemeldet, eine Kuh sei von der Erde verschlungen worden. Eine zweite Linie der heftigsten Zerstörung läuft den Grund des Talsystems entlang, zu dem die Bucht von San Francisco gehört, besonders im Santa Rosa- und im Santa Claratale. Santa Rosa (38° 25′), 32 *km* östlich von dem Spalte, wurde von allen Orten des Staates am stärksten erschüttert und erlitt verhältnismäßig die heftigsten Zerstörungen. San José (37° 18′) und das benachbarte Agnews, 20 und 19 *km* von dem Erdbebenspalte, und

die Stanforduniversität (37° 25′), 12 *km* von dem Spalte, folgen in der Heftigkeit der Erschütterung gleich nach Santa Rosa. Alle diese Orte liegen auf dem Talgrunde über aufgeschüttetem oder doch nur schwach zusammengehaltenem Boden, und es ist bekannt, daß Erdwellen eine viel zerstörendere Wirkung ausüben, wenn sie über solche lose Formationen laufen, als beim Durchgange durch die festern und sehr elastischen Gesteine des Berglandes. So haben die Teile von Oakland und Berkeley (mit der Staatsuniversität), die auf dem Schwemmlande liegen, viel stärker gelitten als diejenigen, die auf den Vorbergen gelegen sind. Dieselbe Schlußfolgerung ergibt sich auch aus der Betrachtung der dritten Region größter Zerstörung auf der südwestlichen Seite der Spaltlinie, im Salinastale bei der Bucht von Monterey. Salinas selber, auf Flußablagerungen erbaut, litt kaum weniger als San José, und das Salinastal entlang, von der Stadt Salinas bis Gonzales, wurde der Talboden stärker aufgerissen und aus seiner Ruhelage verschoben als irgend ein anderer Teil des Staates. Die dortige Spreckelssche Zuckerfabrik hat wahrscheinlich erheblicher gelitten als irgend ein Stahlgebäude im ganzen Staate. Dagegen hat Santa Cruz, an der Montereybucht, in derselben Entfernung von dem Erdbebenspalte, aber fast ganz auf Felsengrund erbaut, viel weniger Schaden ausgestanden.

Am lehrreichsten ist aber in dieser Beziehung San Francisco selber. Hier sind vier Bodenarten vorhanden: die felsigen Hügelabhänge, die langsam von der Natur aufgefüllten Talgründe, die Sanddünen und das Kunstland am Saume der Stadt. Die verheerendsten Wirkungen des Erdbebens zeigten sich auf diesem Kunstlande, die Erdwellen, die in schnellen, aber kurzen Schwingungen den elastischen Fels durchdrangen, gingen auf diesem Wege in langsame, aber weiter ausgezogene Wellen über. Nicht ganz so schlimm verhielt sich der Boden der Sanddünen, aber auch hier waren Risse und Deformationen häufig. Immer noch heftig waren die Stöße und Drehungen in den Talgründen, während die Gebäude auf dem felsigen Gesteine der Abhänge und Rücken die geringsten Zerstörungen zeigen, so daß bisweilen sogar die Schornsteine dem Stoße widerstanden. Allerdings ist hierbei auch der Charakter der Gebäude selbst zu berücksichtigen. Moderne Stahlbauten der besten Klasse, mit einer Grundlage, die unter den künstlichen Aufschuttboden hinabreicht, verhielten sich verhältnismäßig passiv. Gut verklammerte und wohl zementierte Backsteinbauten auf festem Grunde widerstanden dem Stoße ebenso gut, nur daß gelegentlich Wände herausfielen. Die schwachen Punkte der Holzbauten waren meist ihre fehlerhaften Verrammungen und der Mangel an Versteifung, sowie die Kamine, die in solchen Gebäuden meist gar keinen Halt haben. Der japanische Professor Nakamura von Tokio, den die Erdbebenkommission als Beirat zugezogen hatte, äußerte zudem nach einer spätern Depesche aus San Francisco, ein großer Teil des Erdbebenschadens in San Francisco

sei durch schlechten Mörtel und fehlerhafte Konstruktion der Bauten verschuldet worden. In dieser Beziehung ist man in dem von Erdbeben so oft heimgesuchten Japan längst klüger geworden.

Die Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg gibt folgende Übersicht über die Vorgänge beim Erdbeben am 18. April. Das Erdbeben begann um $13^h\ 12^m\ 06^s$ mittlerer Zeit von Greenwich und endete um $13^h\ 13^m\ 11^s$; die Erschütterung dauerte also $1^m\ 5^s$. Im Zeitraume von einer Stunde nach dem Hauptstoße zählte man in dem Observatorium zu Berkeley zwölf schwächere Stöße. Bis $2^h\ 52^m$ des 19. April erfolgten im ganzen 31 Stöße, und die schwächern Nachbeben hielten noch mehrere Tage nach dem 18. April an. Das Hauptbeben erstreckte sich nordwärts über Oregon bis zur Coos Bai und südwärts bis Los Angeles; nach Osten zu wurde es über den größern Teil von Mittelkalifornien und Ostnevada gefühlt, besonders deutlich am Ostabhange der Sierra Nevada. Der am weitesten nach Osten zu gelegene Punkt, an welchem die Erschütterung verspürt wurde, ist Lovelocks, Nevada, in 40° 14′ nördl. Br. und 118° 23.4′ westl. Länge von Greenwich, in geradem Abstande von San Francisco 445 *km* entfernt. Nach einer allerdings unverbürgten Nachricht ist das Beben sogar in Winnemucca, 41° nördl. Br. und 117° 44.5′ westl. Länge von Greenwich, 540 *km* von San Francisco entfernt, verspürt worden.

Auf dem Lickobservatorium in 1283 *m* Seehöhe auf dem Mount Hamilton, 37° 20′ 25″ nördl. Br. und 121° 38′ 42″ westl. Länge von Greenwich begann die Erschütterung um $13^h\ 12^m\ 12^s$ mittlerer Zeit von Greenwich. Die Intensität war gleich VI bis VII der Skala Rossi-Forel. Die Richtung des Stoßes ging von Ost nach West und Nordwest nach Südost; vertikale Bewegung war schwach. In den Wohnungen entstanden Risse im Verputze, lose Gegenstände fielen um, Türen sprangen auf. Die Dauer der Bewegung war nach einigen 30 bis 35 Sekunden. Nach einem andern Beobachter waren eine Minute nach dem Anfange noch heftige Schwingungen fühlbar.

Die Zone der verheerendsten Wirkung liegt zu beiden Seiten einer großen Verwerfung, welche sich von der Mündung des Adler Creek bei Point Arena bis zum Mount Pinos auf eine Länge von 600 *km* verfolgen läßt. Direkte Beobachtungen über Bewegungen an der Spalte sind jedoch nur auf der Strecke von der Mündung des Adler Creek bis in die Nähe von San Juan im San Benito County auf eine Entfernung von 296 *km* gemacht worden. Der Schaden, welcher durch das Beben in Petrolia und Ferndale, Humboldt County, angerichtet worden ist, läßt aber darauf schließen, daß die Bewegung an dem Bruche sich mindestens bis zum Kap Mendocino erstreckt hat.

Die Art der Bewegung bestand in der Hauptsache in einer horizontalen Verschiebung entlang einer fast vertikalen Ebene, wobei das Land südwestlich der Spalte nach Nordwest relativ zu dem auf

der Nordostseite bewegt wurde; wahrscheinlich aber erfuhren beide Seiten eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Der Betrag der Dislokation schwankt zwischen 2 *m* und fast 7 *m* und beträgt im Mittel über 3 *m*. In dem Sonoma und Mendocino County ist auch



Übersichtskarte des Erdbebens von San Francisco am 18. April 1906.

eine differenzielle vertikale Verschiebung im Betrage von über 1 *m* bemerkbar, wodurch die Südwestseite der Spalte relativ der gegenüberliegenden gehoben wurde. So entstand im Boden eine ununterbrochene Furche mit Quersprüngen, welche deutlich die Wirkung der Torsion innerhalb der Zone der Bewegung erkennen lassen. Alle Zäune, Straßen, Dämme, Leitungsröhren, Wasserläufe und Grenzlinien erlitten eine scherende Bewegung. Die Zone der stärksten Wirkung A B C D (siehe Karte) mißt 80 × 650 *km*. Innerhalb dieser

Fläche wurden die schwersten Beschädigungen in unmittelbarer Nähe der Verwerfungsspalte angerichtet; eine zweite Zone maximaler Zerstörung liegt in dem Talsysteme der Bai von San Francisco, besonders im Santa Rosa- und Santa Claratale. Santa Rosa, 32 *km* von der Verwerfungsspalte entfernt gelegen, wurde am stärksten erschüttert und erlitt den größten Schaden, ebenso Healdsburg. Es folgen dem Grade der Zerstörung nach San José, 21 *km* von der Spalte entfernt, und Agnews, in 19 *km* Abstand. Im einzelnen hängt der Grad der Zerstörung von der Bodenbeschaffenheit ab.

Das Erdbeben in Mittelchile am 16. August 1906. Nachdem der Telegraph am 17. August die Schreckenskunde verbreitet hatte, die blühende Stadt Valparaiso sei, gleichwie wenige Monate früher San Francisco, durch ein furchtbares Erdbeben vernichtet worden, blieben genauere Mitteilungen über diese Katastrophe aus. Zwar brachten die Tagesblätter später mehr oder weniger ausführliche Berichte über die Zerstörung Valparaisos, aber ähnlich wie bei den Beschreibungen der Verheerung San Franciscos, erschienen die meisten dieser Erzählungen der Übertreibung verdächtig, wie solche gewöhnlich bei Nachrichten der Zeitungsreporter anzunehmen, ist, denen es in erster Linie um sensationelle Berichte zu tun ist und erst in zweiter um genaue Angaben.

Was den Zeitpunkt der Erschütterungen anbelangt, so liegen darüber folgende Angaben vor:

Zu Washington wurden die ersten seismischen Wellen abends $7^h\ 5^m\ 22^s$ (Zeit des 75. Meridians) registriert, die Hauptwellen begannen $8^h\ 42^m\ 23^s$. Auf der Sternwarte zu Paris registrierte der Seismograph die Erschütterung in der Nacht vom 16. zum 17. August von 45^m nach Mitternacht bis 5^h morgens. Die stärksten Bewegungen fanden statt um $1^h\ 13^m\ 44^s$, $1^h\ 15^m\ 41^s$ und $1^h\ 21^m\ 59^s$ mittlerer Zeit von Paris und dauerten respektive $1^m\ 20^s$, $3^m\ 0^s$ und $2^m\ 20^s$. Von $1^h\ 45^m$ bis $2^h\ 15^m$ waren die Bewegungen nahezu kontinuierlich. Auf dem Observatorium zu Hamburg wurden die Apparate von Mitternacht an fünf Stunden hindurch bewegt, auch die Apparate zu Florenz registrierten die Erschütterungen.

Die chilenische Regierung hat bald nach dem Ereignisse eine Kommission zur Untersuchung der Vorgänge eingesetzt, deren Mitglied Dr. Hans Steffen in Santiago de Chile war. Als solches hat dieser in den letzten Tagen des August und den beiden ersten Wochen des September Valparaiso und Umgegend, sowie die Täler von Nogales, La Ligua, Petorca, das mittlere Aconcagua-Tal bis Los Andes und seine Seitenzweige in den Tälern von Putaendo und Catemu besucht. Andere Kommissionsmitglieder sind nach der Gegend von Melipilla und San Antonio, nach den Ortschaften der großen Längsebene zwischen Santiago und Talca, sowie nach verschiedenen Punkten der Küste nördlich von Constitucion ausgesandt

worden. Das Unterrichtsministerium hat ferner an alle Behörden und Privatpersonen, die geeignet scheinen, wissenschaftlich verwertbare Beobachtungen mitzuteilen, Fragebogen zusammen mit einem Auszuge aus der von der Straßburger Hauptstation herausgegebenen „Anleitung zum Beobachten von Erdbeben" versandt.

Man darf also erwarten, daß genügendes Material zu einer genauen Darstellung des Ereignisses und seiner Folgen zusammenkommen wird. Indessen kann die Veröffentlichung desselben naturgemäß erst nach längerer Zeit erfolgen, und Dr. Steffen hat deshalb die Ergebnisse seiner eigenen Beobachtungen in vorläufigen Mitteilungen an die Gesellschaft für Erdkunde in Berlin veröffentlicht.[1]) Hiernach fand die erste Hauptbewegung des Bodens in der Hauptstadt Santiago nach den Aufzeichnungen des Observatorio Nacional am 16. August abends um $7^h\ 58^m\ 44^s$ (Ortszeit) ohne vorhergehendes Geräusch statt. „Um $8^h\ 1^m\ 4^s$ begannen die Schwingungen, die eine außerordentliche Amplitude besaßen und von allen im Freien befindlichen Personen als ein deutliches Auf- und Niederwallen des Bodens empfunden wurden, nachzulassen, bis um $8^h\ 3^m\ 34^s$ die Bewegung, die mithin die ungewöhnliche Dauer von $4^m\ 50^s$ gehabt hat, aufhörte. Kurz darauf, um $8^h\ 7^m\ 30^s$, setzte eine neue Reihe von gleichfalls sehr heftigen Schwingungen ein, die aber nur 20^s andauerte. Auf das Hauptbeben folgte dann eine große Anzahl von Nachstößen, die in der Nacht vom 16. zum 17. August ungefähr stündlich, an den folgenden Tagen in immer größern Zeitabständen, bald stärker, bald schwächer, auftraten. Nach der Zählung des Observatorio wurden bis zum 17. September, also im Laufe eines Monates, 83 Nachbeben gespürt. Auch gegenwärtig (Ende September) beweisen vereinzelte Erdstöße, daß der Zustand seismischer Erregung noch fortdauert. Ein besonders heftiges Beben trat am 20. September mittags (in Santiago um $12^h\ 49^m$ mit starken Schwingungen von Nordwesten nach Südosten von 40^s Dauer) ein, das vornehmlich im südlichen Teile des Schüttergebietes einigen Schaden anrichtete. Nach Meldungen aus Talca, Vichuquen und benachbarten Ortschaften war die Stärke dieses Stoßes nur wenig von derjenigen des Bebens am 16. August verschieden. Ob hierdurch etwa eine Verschiebung des Epizentrums in südlicher Richtung angedeutet wird, muß dahingestellt bleiben. Als Richtung der beiden Hauptstöße am 16. August wird vom Observatorio in Santiago Nordsüd angegeben; doch lassen die Beobachtungen an den Mauerrissen, an den in den Gebäuden verschobenen Möbeln usw. keinen Zweifel, daß auch eine westöstliche Wellenbewegung stattgehabt hat. In den Tälern von Nogales, La Ligua und Petorca ist offenbar sogar diese letztere Richtung, die in den Hauptstößen vorherrschende gewesen, während in San Felipe und Nachbarorten gerade die meridionale Stoß-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906. Nr. 9. p. 631.

richtung vorwiegend zum Ausdrucke gekommen ist. Genaueres darüber wird sich erst nach Verarbeitung und Sichtung des gesamten Angabenmateriales feststellen lassen."

„Auch über die Zahl und Zeitintervalle der Hauptstöße besteht keine Einheitlichkeit in den Berichten. An verschiedenen Stellen des Tales von La Ligua wurde Dr. Steffen versichert, daß das Hauptbeben sich aus drei, wohl voneinander unterschiedenen Stößen zusammensetzte, von denen die beiden ersten zeitlich den in Santiago registrierten entsprechen, während etwa 10^s nach dem zweiten noch ein dritter, minder starker Stoß erfolgte. Der zweite wurde hier als der heftigste von allen empfunden. Bezüglich des begleitenden unterirdischen Geräusches bemerkt Dr. Steffen, daß zum Unterschiede von Santiago, wo nichts davon wahrzunehmen war, an fast allen Orten der Provinz Aconcagua deutlich ein donnerähnliches unterirdisches Rollen den Erdstößen sowohl beim Haupt-, als bei den Nachbeben voraufgegangen ist. In Petorca und Nogales konnte er selbst gelegentlich derartiges Geräusch auch ohne nachfolgende Erschütterung konstatieren."

Die Haupterschütterungszone fällt nach Steffen in den Bereich der sogenannten Küstenkordillere und zentralen Längsebene von Mittelchile, und zwar könne man mit einiger Sicherheit das Chaopatal im Norden (31° 40′ südl. Br.) und das Mauletal im Süden (etwa 35° 30′ südl. Br.) als Grenzlinien des Gebietes angeben, in welchem das Beben zerstörende Wirkungen hervorgebracht hat. Für die Ermittlung der Ausdehnung des Schütterbezirkes in westlicher Richtung ist, wie Dr. Steffens hervorhebt, die Tatsache von Bedeutung, daß auf der Juan Fernandezinsel, 360 Seemeilen westlich von Valparaiso, nach Aussage der Offiziere eines von der Regierung dorthin gesandten Kriegsschiffes, das Beben gar nicht gespürt worden ist. Nach Osten zu, im Bereiche der Hochkordilleren und auf der argentinischen Seite der Anden, nahm die Intensität der Erscheinung ziemlich schnell ab. Die Berichte der einzelnen Stationen der transandinischen Eisenbahn erwähnen zahlreiche, aber verhältnismäßig unbedeutende Beschädigungen des Bahnkörpers durch Felsabstürze und Dammrutschungen. Alle größern Tunnel und Brücken sind unversehrt geblieben. Die Naturbrücke Puente del Inca (auf argentinischer Seite) soll dagegen, wie Steffen erwähnt, so stark gelitten haben, daß es künstlicher Arbeiten zu ihrer Erhaltung bedürfen werde. Das Gebiet umfangreicher und nachhaltiger Zerstörungen geht östlich nur wenig über eine Linie hinaus, welche der Küste in einem Abstande von etwa 75 *km* parallel läuft. Wenigstens läßt sich dies zurzeit schon für die ganze nördliche Hälfte des Schüttergebietes feststellen; aus dem südlichen Teile fehlen noch zu viele Daten, um die ostwestliche Ausdehnung der Zerstörungszone genauer zu bestimmen. Das Erdbeben ist natürlich weit über die Grenzen hinaus verspürt worden, ohne daß zerstörende Wirkungen erfolgten. Dr. Steffen

kennt bisher als äußerste Punkte, von denen glaubwürdige Meldungen auch noch ohne genaue Zeitangaben vorliegen: im Süden die Stadt Osorno (4° 35′ südl. Br.) und im Norden eine Salpeteroffizin östlich von Lagunas in der Provinz Tarapacá (etwa 21° südl. Br.). Nach Osten zu scheint sich die Bewegung durch das ganze mittlere Argentinien bis nach Buenos Aires hin fühlbar gemacht zu haben.

Die Stadt Valparaiso, die ungefähr auf der Mitte der am stärksten in Mitleidenschaft gezogenen Küstenstrecke liegt, hat sehr bedeutende Verluste an Menschenleben und unberechenbaren Schaden durch Vernichtung eines ganzen Stadtteiles mit zahlreichen öffentlichen und Privatgebäuden erlitten.

Am stärksten wurde der auf aufgeschüttetem Boden stehende Teil der Stadt betroffen, die auf den felsigen Grunde der Hügel gelegenen Stadtteile haben aber nur dort stark gelitten, wo schlechtes Baumaterial und mangelhafte Bauart der Häuser dem Zusammenbruche Vorschub leistete. Außerdem hat überall dort, wo künstliche Hohlräume den Boden durchsetzen, wie auf den Kirchhöfen, die Zerstörung einen sehr hohen Grad erreicht.

In der nähern Umgebung Valparaisos zeigten besonders die an der Fortsetzung der Küste nach Nordosten liegenden Orte Miramar und Viña del Mar (Poblacion Vergara) interessante Beispiele für die Abhängigkeit der Erdbebenwirkungen von der Bodenbeschaffenheit. „Die erst seit etwa zehn Jahren bestehende Poblacion Vergara ist zum größten Teile auf losen, nach den Bohrungen der Kommission Kraus eine Dicke von 18 *m* erreichenden Schwemmsanden am Rande des Estero de Viña del Mar erbaut, in weitem Halbkreise gegen Norden, Osten und Süden von niedrigen Bergzügen granitischer Formation eingerahmt. Hier haben weder die aus Backsteinen gebauten Villen, noch die niedrigen Adobe-(Luftziegel-)Häuschen den Erdstößen Stand gehalten; alles ist in Schutt verwandelt, zahlreiche Menschenleben sind vernichtet worden. Dagegen stehen auf den hohen Felsplatten am Strande von Miramar in geringer Entfernung von der Mündung des Estero einige Villen, in denen die Erschütterung kaum ein paar Mauerrisse hervorgebracht hat.“ Ähnliche Gegensätze in den Wirkungen der seismischen Kraft hat Dr. Steffen auch in weiter landeinwärts liegenden Teilen des Schüttergebietes beobachten können.

Dr. Steffen hat zahlreiche Beobachtungen über Bodenrisse und Spalten, Senkungen, Abrutschungen und ähnliche oberflächliche Umgestaltungen des Geländes infolge der Erderschütterungen anstellen können, und zwar sowohl in den lockern Erdmassen der Talgründe, wie im Bereiche fester Gesteinsmassen im Gebirge. Für letzteres fand er besonders großartige Beispiele im Kupferminenbezirk von Catemu im Departamento de Putaendo, ein paar Kilometer nördlich von der Bahnstation Chagres am Rio Aconcagua. „An der nach Osten zu in das Tal von Catemu abfallenden Bergwand,

oberhalb des Minenetablissements El Salado, wo große Massen von Andesit und andesitischen Breccien das Hauptgestein, paläozoische Schiefer, durchbrechen, sind nicht nur verschiedene klippenartig vorspringende Felsköpfe von gewaltigen Abmessungen abgetrennt und ins Tal geschleudert worden, sondern es haben sich auch meterweit auseinanderklaffende Risse im Gesteine gebildet, die sich zumeist allerdings nur kurze Strecken weit verfolgen lassen. Der weiter nördlich gelegene Berg Morro Negro, oberhalb des Bergwerkes Los Mantos, hat gleichfalls Zerstörungen erfahren, die ungefähr den Wirkungen einer gewaltigen Minenexplosion entsprechen würden. In der nahegelegenen Mina de San Antonio im Tale von Nilhue ist das Versiegen einer Quelle konstatiert worden."

In der Küstenzone nördlich von Constitucion sind zahlreiche Rundlöcher und kraterförmige Vertiefungen in den feuchten Humus- und Sandschichten entstanden, und an diesen wurde mehrfach springbrunnenartiges Hervortreten von Wassermassen im Gefolge der dort überaus häufigen Nachbeben beobachtet. Dr. Steffen erwähnt auch, daß am Vulkane von Chillan in der Hochkordillere (36° 45′ südl. Br.) unterhalb des alten Kraters eine neue Ausbruchstelle entstanden sei, aus welcher seit dem 16. August Dampf und Asche ausgeworfen wurden.

In Europa waren die meisten Fachleute der Meinung, daß bei dem Erdbeben, wie bei frühern, auch die gefährlichen Erdbebenwogen des Ozeans eine Rolle gespielt hätten, und man wunderte sich, daß die ersten Berichte davon nichts meldeten. Dr. Steffen bemerkt jetzt: „Sicher ist, daß in der Bai von Valparaiso das Meer weder vor, noch nach dem 16. August irgendwelche ungewöhnlichen Bewegungen gezeigt hat. Man kann sagen, daß im Augenblicke der größten Erschütterung Meer und Land hier ihre Rollen getauscht haben; denn ersteres blieb nach übereinstimmender Aussage aller Augenzeugen vollkommen ruhig, während die Landmasse wellenförmig auf- und niederwogte. Von andern Teilen der Küste liegen indessen Nachrichten über Austreten des Meeres zugleich mit den Hauptstößen am 16. August vor. Am besten bezeugt scheinen dieselben bezüglich der Bai von Llico, an der Küste des Departamento de Vichuquen, und von Constitucion, an der Mündung des Rio Maule, zu sein; auch von der Bai von Penco bei Concepcion wird berichtet, daß bald nach dem Hauptbeben das Meer etwa 50 *m* weit in das Land vortrat, weshalb die Bevölkerung auf die benachbarten Berge flüchtete."

Dagegen ist nach Steffen die wichtige Tatsache festgestellt, daß an einigen Stellen die Küstenlinie eine geringe Hebung im Gefolge des Erdbebens erfahren hat. „Die zuverlässigste Beobachtung darüber, sagt er, ist bis jetzt in dem kleinen Badeorte Zapallar (an der Küste des Departamento de La Ligua) von verschiedenen Personen, die dort Häuser besitzen und den Strand seit Jahren genau kennen, gemacht worden. Ein vor dem Strande im Wasser liegender



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Das beim Erdbeben vom 16. August 1906 in Chile zerstörte Victoria Theater in Valparaiso.

Jahrbuch XVII. 1906.
Tafel III.

Felsen, der früher selbst bei Niedrigwasser auf der Landseite vom Meere umspült wurde, liegt jetzt so viel höher, daß man ihn nicht nur bei jedem Wasserstande trockenen Fußes erreichen, sondern auch an seiner Außenseite vorbeigehen kann. Der Betrag der Hebung dieser Küstenstelle wird auf 70 bis 80 *cm* geschätzt. Andere Angaben über Hebung der Küste an der Mündung des Biabioflusses, dessen Hauptausflußkanal jetzt trocken gelegt sein soll, bedürfen noch genauerer Prüfung."

Übrigens ist es der Kommission trotz eifrigen Suchens nicht gelungen, an irgend einer Stelle des Schüttergebietes neugebildete Verwerfungsspalten, also den Herd einer echten tektonischen Verschiebung, aufzufinden. „Trotzdem," sagt Dr. Steffen, „darf man behaupten, daß das Erdbeben vom 16. August in die Kategorie der tektonischen Beben gehört, sei es nun, daß Hebungsvorgänge an der Küste oder Senkungen an den Rändern der weiten Bruchfelder, welche in die fälschlich als Küstenkordillere bezeichneten Gebirgsmassen westlich vom 71. Meridiane eingelagert sind, die Ursache zur Auslösung der Spannungen gegeben haben. Betrachtet man das bisher vorliegende Beobachtungsmaterial, so scheint es sich nicht um ein Erdbeben mit punktförmigem Epizentrum, sondern um ein von einer (oder vielleicht mehrern) Herdlinien ausgehendes lineares Beben zu handeln. Freilich ist die genaue Bestimmung der Lage der Herdlinien noch unmöglich, da zuverlässige Zeitangaben für den Beginn der Erderschütterungen an den einzelnen Orten fehlen. Wir müssen uns daher begnügen, vorläufig den ungefähren Verlauf der Linien größter seismischer Intensität festzulegen, wenngleich auch hierbei, wie die voraufgehende Übersicht zeigt, die Unterschiede der Bodenbeschaffenheit und andere, zum Teile unbekannte Gründe, die seltsamsten Sprünge und Unregelmäßigkeiten bedingen. Immerhin lassen sich zwei ungefähr parallele und nahezu gleiche Längenausdehnung erreichende Achsen größter Zerstörung herauserkennen: die eine derselben fällt mit der von Nordnordost nach Südsüdwest gerichteten, in der Luftlinie 160 *km* langen Küstenstrecke zwischen Zapallar und Matanza zusammen; die zweite läuft in einem Abstande von 25 bis 30 *km* östlich derselben von La Ligua über Nogales, Quillota, Limache und Casablanca nach Melipilla, d. h. sie verbindet im wesentlichen die ungefähren Mittelpunkte der Durchbruchstäler des untern Rio Aconcagua und Rio Maipo, setzt sich aber nordwärts noch bis in das Talbecken von La Ligua fort."

Das Erdbeben in Südwales am 27. Juni 1906. Dasselbe fand statt $9^h\ 45^m$ abends mittlerer Zeit von Greenwich und gehört zu den stärksten, die je in England beobachtet worden sind. Es wurde in ganz Wales und dem größten Teile des westlichen und südwestlichen England wahrgenommen. Nach Mitteilungen, die Charles Davison erhalten hat, muß sich das Schüttergebiet im Norden bis

Liverpool, im Osten bis Northampton und Maidenhead erstreckt und bis auf etwa 32 *km* London genähert haben, während die südliche Grenze im Kanale südlich von Dorset, Devon und Cornwall anzunehmen ist. Wahrscheinlich wurde der Stoß auch im größten Teile der Grafschaften Wicklow und Wexford in Irland empfunden. Nach flüchtiger Schätzung war die gestörte Fläche fast kreisförmig und hatte einen Durchmesser von 450 *km*. Zahlreiche Schornsteine stürzten ein, namentlich (mehrere Hundert) in Swansea. Die isoseismische Linie der Intensität 8 (die durch schwächere Beschädigung der Gebäude Herabfallen der Schornsteine usw. charakterisiert ist) scheint ungefähr eine Ellipse zu bilden, deren Ost-Westdurchmesser etwa 45 *km* und deren Nord-Süddurchmesser etwa 30 *km* beträgt. Wie fast alle starken britischen Erdbeben ist auch dieses letzte ein „Zwillingsbeben", d. h. es hat zwei Punkte stärkster und gleichzeitiger oder fast gleichzeitiger Erschütterung, deren Lage freilich erst noch zu bestimmen ist. Anscheinend liegen beide auf einer ostwestlichen Bruchlinie, die bei Llanelly, Swansea und Neath vorbeizieht und mit der großen armorikanischen Gebirgsstauung zusammenhängt. Letztere hat ihr Maximum in der Bretagne und in Mitteldevonshire und verliert sich mit dem Eintritte in Südwales.[1])

Die Erdbebenstörungen zu Triest, welche vom Rebeur-Ehlertschen Horizontalpendel in der Periode vom 31. August 1898 bis 26. Oktober 1903 registriert wurden, sind von E. Mazelle statistisch berabeitet worden.[2]) Im ganzen wurden 1039 Bebenaufzeichnungen erhalten, die sich wie folgt auf die einzelnen Jahre verteilen:

	1898	1899	1900	1901	1902	1903
Januar	—	19	16	5	19	18
Februar	—	15	12	16	23	23
März	—	18	9	12	27	20
April	—	14	9	12	21	22
Mai	—	16	12	13	18	18
Juni	—	16	18	13	19	17
Juli	—	21	11	19	26	18
August	(1)	18	14	21	38	12
September	21	23	13	20	20	16
Oktober	12	18	13	21	17	(9)
November	15	13	13	18	17	—
Dezember	16	14	6	16	19	—

Auf ein mittleres Jahr entfallen demnach, wenn die vier Monate des Jahres 1898 berücksichtigt werden, unter Hinweglassung des September 1903 und des Rumpfmonates Oktober 1903, mithin aus vollen fünf Jahrgängen, nachfolgende Frequenzgrößen.

---

[1]) Nature 1906. **74.** p. 225—226. — Naturwiss. Rundschau 1906. p. 566.

[2]) Mitt. d. Erdbeben-Kommission d. K. Akad. d. Wiss. in Wien N. F. Nr. 30. Wien 1906.

Häufigkeit der Erdbebenstörungen.

	Mittleres Jahr	Monate gleicher Länge (30.42 Tage)
Januar	15.4	15.1
Februar	**17.8**	**19.3**
März	17.2	16.9
April	15.6	15.8
Mai	15.4*	15.1*
Juni	16.6	16.8
Juli	19.0	18.6
August	**20.6**	**20.2**
September	19.4	19.7
Oktober	16.2	15.9
November	15.2	15.4
Dezember	14.2*	13.9*

Diese Reihen bestätigen den bereits für Triest schon früher nachgewiesenen jährlichen Gang der Häufigkeit der Erdbebenaufzeichnungen, mit den Maxima im Februar und August und den Minima im Mai und Dezember.

Durchschnittlich entfallen auf ein Jahr 203 Störungen, mithin eine Aufzeichnung mindestens jeden zweiten Tag (1.8 Tag).

Das Erdbeben von Kangra. Am 4. April 1905 wurde der Distrikt von Kangra am Außenrande des Himalaja, zwischen Ravi und Sutledji nordöstlich von Lahore von einem furchtbaren Erdbeben verwüstet. Eine wissenschaftliche Expedition unter der Leitung von C. S. Middlemiß ist von der Geologischen Landesanstalt in Kalkutta mit dem Studium der Wirkungen dieses Erdbebens betraut worden. Im 22. und 23. Bande der Records of the Geological Survey of India liegen nunmehr die ersten Resultate jener Studien in der Gestalt kurzer vorläufiger Mitteilungen vor, und Prof. Diener berichtet darüber.[1]) Es ergibt sich aus denselben, daß das in den europäischen Zeitungen des Kontinentes meist nur kurz registrierte Erdbeben eines der furchtbarsten war, das Indien überhaupt betroffen hat. Eine Fläche von 1 625 000 englischen Quadratmeilen wurde erschüttert, und über 20 000 Menschen verloren ihr Leben. Im Distrikte Kangra wurden alle Gebäude zerstört. Schwere Beschädigungen wurden noch in den Sommerfrischen von Dehra Dun, Mussuri und Chakrata am Fuße des Himalaja, geringere in den großen Städten Assnitsar, Lahore und Saharanpur angerichtet. Die äußersten Punkte, an denen die Erschütterung noch fühlbar war, liegen in einer Ellipse, die durch die Orte Quettah, Surat, Ellichpur, False Posist und Lakhimpur geht. Es konnten zwei Epizentra nachgewiesen werden. Der Hauptherd lag parallel zu dem gefalteten Tertiärlande mit steilem NO - Fallen gegen das Kangratal. Ein Nebenherd befand sich in der Umgebung von Dehra Dun, ebenfalls in den Tertiär-

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1906. p. 597.

schichten. Die Tiefe des Hauptherdes wird auf 18 bis 30 englische Meilen bei einem Einfallen von 13° OSO unter das Epizentrum berechnet. Beide Epizentra liegen an einer Stelle, wo die Konvexität der Randzone des Himalaja Unregelmäßigkeiten aufweist, die auf Spannungen in der Erdkruste und auf eine Auslösung in Brüchen hinweisen.

Alle Oberflächenbildungen, Sand, Alluvium, Geschiebe sind heftiger erschüttert worden als der feste Felsboden. Von den festen Grundgesteinen sind wieder die weichen tertiären Sandsteine stärker von der Erschütterung betroffen worden als die kompaktern ältern Schichten. Schmale, spornförmig zwischen breiten Senken auslaufende Rücken wurden viel stärker erschüttert als die letztern. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der seismischen Welle betrug 1.98 Meilen in der Sekunde. Vorboten des Erdbebens waren fast gar keine vorhanden; nur an wenigen Orten, z. B. Dharmsala verspürte man ein schwaches Beben vor dem eigentlichen Hauptstoße. Dagegen haben Nachbeben, zum Teile mit starken Stößen, monatelang angehalten.

Ostasiatischer Erdbebenkatalog. E. Rudolph gab ein Verzeichnis der im Jahre 1904 auf den Erdbebenstationen in Japan, Formosa, Manila und Batavia registrierten Störungen.[1]) Damit beginnt die Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg eine Reihe von Veröffentlichungen, welche in regelmäßiger Folge die Listen der in Ostasien registrierten Erdbebenstörungen bringen soll. „Den Grundstock des vorliegenden Verzeichnisses bilden die Mitteilungen der meteorologischen Zentralstation in Tokio, welche im Japanischen Staatsanzeiger veröffentlicht werden. Außer den Angaben über die zahlreichen Erschütterungen, welche im Laufe eines Monates in Japan gefühlt worden sind, enthalten diese Listen auch die Daten über die mikroseismische Ausdehnung der Bewegungen innerhalb Japans und über diejenigen Störungen, welche nur von Apparaten registriert worden sind. Für besonders wichtige Störungen sind die charakteristischen Momente und Bewegungen mitgeteilt, welche sich aus den Aufzeichnungen der seismischen Apparate in Tokio ablesen lassen. Nicht ganz so ausführlich sind die Angaben gehalten, welche von den Stationen auf Formosa bei der meteorologischen Anstalt in Taipeh eingehen. Eine wesentliche Ergänzung der von den japanischen Instrumenten registrierten Störungen bilden die Aufzeichnungen des Horizontalpendels, System Milne, welches im seismologischen Institute der Universität in Tokio aufgestellt ist.

Für die Philippinen sind wir ganz allein auf die Beobachtungen angewiesen, welche im meteorologischen Zentralobservatorium zu Manila mit einem Mikroseismograph „Vicentini" angestellt werden.

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1906. 8. 1. Heft. p. 113.

Neben den japanischen Beobachtungen haben für die Erkenntnis des seismischen Verhältnisses Ostasiens den größten Wert die instrumentellen Aufzeichnungen der beiden im magnetischen Observatorium zu Batavia aufgestellten Horizontalpendel, System Milne und System von Rebeur-Ehlert. Abgesehen von dem Interesse, welches die gleichzeitige Beobachtung mit zwei optisch registrierenden Apparaten ähnlichen Systems für die Seismometrie bietet, haben wir die sichere Gewähr, daß keine Störung, deren Wellen in den Bereich von Batavia gelangen, der Aufzeichnung entgeht.

Außer dem staatlichen Erdbebeninstitute in Batavia gibt es noch eine Privatstation für Erdbebenforschung, welche Herr C. C. Lau, Zivilarchitekt in Koeta-Radja, Atjeh, auf Sumatra eingerichtet hat. Die geringe Zahl von Störungen, welche die vorliegende Liste aus Koeta-Radja enthält, läßt darauf schließen, daß die Station im ersten Jahre ihres Bestehens vielleicht noch nicht gehörig funktionierte; möglicherweise sind die Aufzeichnungen des dort aufgestellten Straßburger Horizontalschwerpendels auch nicht systematisch auf seismische Störungen hin durchgesehen worden. Schließlich wäre noch die ebenfalls im Entstehen begriffene Erdbebenstation der Jesuitenmission in Si-ka-wei bei Schanghai zu erwähnen. Der Direktor der Mission, Herr Louis Froc, hat der Hauptstation einige Störungen mitgeteilt, welche vom Horizontalpendel, System Omori, im Laufe des Jahres aufgezeichnet worden sind. So klein die Zahl der Störungen im ganzen auch ist, so läßt die Koinzidenz mit Störungen in Tokio, Manila und Batavia doch erkennen, daß der Station in seismologischer Hinsicht eine große Bedeutung zukommt, sobald sie vollständig in Betrieb ist. Für die Erkenntnis und Beurteilung des seismischen Verhaltens Ostasiens kommen die wenigen Störungen von Koeta-Radja und Si-ka-wei für das Jahr 1904 nicht in Betracht, da es sich nur um gelegentliche Mitteilungen handelt.

Überblickt man die Reihe der in der Liste aufgeführten Erdbebenstationen, so fällt, wenn wir von Si-ka-wei und Koeta-Radja absehen, die ungleichmäßige Verteilung derselben über das weite Gebiet von Ostasien auf. Auf den japanischen Inseln bestehen über 80 meteorologische Stationen, welche mit seismischen Apparaten ausgestattet sind und zugleich als Erdbebenstationen fungieren. Dazu kommen sechs Stationen auf Formosa. Dieser großen Zahl von Stationen stehen für den hinterindischen Archipel nur die beiden Stationen von Manila und Batavia gegenüber. Dieses Mißverhältnis wird zwar bis zu einem gewissen Grade dadurch ausgeglichen, daß in Batavia und Manila empfindlichere Apparate in Tätigkeit sind, welche speziell für die Registrierung von mikroseismischen Bewegungen konstruiert sind, indessen auch so genügen die beiden Stationen in keiner Weise, ein wahres Bild von dem seismischen Verhalten dieser weiten, in seismischer Hinsicht überaus wichtigen Gebiete zu geben.

Eine Änderung dieses Zustandes könnte nur dadurch herbeigeführt werden, daß auf den größern Inseln des Archipels an geeigneten Orten Stationen errichtet und mit modernen, den wissenschaftlichen Ansprüchen entsprechenden Instrumenten ausgerüstet würden.

Die ungleichmäßige Verteilung der bestehenden Stationen über den Norden und Süden Ostasiens ist nicht der einzige Mangel, welcher sich bei der Beurteilung der Seismizität Ostasiens geltend macht. Viel störender wirkt der Umstand, daß alle in der Liste vorkommenden Stationen auf den dem Kontinente vorgelagerten Inseln liegen; dem Festlande fehlen, von Si-ka-wei abgesehen, im Jahre 1904 Stationen vollständig. Über die mikroseismischen Erscheinungen des ostasiatischen Festlandes und ihre Beziehungen zu denen des Inselkranzes ist also aus dem Kataloge nichts zu entnehmen.

Zum Glücke für die Erdbebenforschung und damit für die Wissenschaft überhaupt besteht begründete Aussicht, daß diesem Zustande schon in nächster Zeit ein Ende gemacht wird.

Die relativen Geschwindigkeiten der Erdbebenwellen und der Schallwellen bei Erdbeben hat Charles Davison untersucht.[1]) Es ist eine wohl bekannte Tatsache, daß man auf dem Gebiete, innerhalb dessen eine Erderschütterung stattfindet, Erdbebengeräusche (Detonationen oder sonstige Schallerscheinungen) gewöhnlich früher hört, als man die Bodenbewegung fühlt. Die Ursache dieser Tatsache kann darin liegen, daß die Schallwellen sich schneller fortpflanzen als die eigentlichen Bodenstoßwellen, oder daß sie von den Randgebieten ausgehen, oder endlich, daß sie von einem Nebenfokus ausgehen. Die gewöhnliche Annahme ist, daß die Schallwellen eine raschere Bewegung haben. Um diese Frage zu entscheiden, hat Davison während 15 Jahren Material gesammelt, hauptsächlich von britischen Erdbeben herstammend, und seiner Untersuchung sechs Erdbeben von großer Heftigkeit und Ausdehnung zugrunde gelegt, nämlich folgende:

	Intensität nach Forels Skala	Ausdehnung der Erschütterungen in *qkm*	Schallerscheinungen wurden wahrgenommen auf einer Fläche von *qkm*
Pembroke 1892 August 18 . .	7	117000	—
„ 1893 Nov. 2 . .	7	163000	98000
Hereford 1896 Dzbr. 17 . .	8	254000	181000
Derby 1903 März 24 . .	7	31000	20000
„ 1904 Juli 3 . .	7	65000	27700
Doncaster 1905 April 23 . .	7	44000	31000

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1906. 8. p. 1.

Wenn es richtig wäre, daß der Schall sich schneller fortpflanzte als die Erschütterung, so müßte mit wachsendem Abstande vom Zentrum die Prozentzahl der Fälle, in denen man den Schall früher gehört, zunehmen, und die Zahl der Fälle, in denen das Ende des Schalles nach dem Stoße gehört worden, Null werden. Die Tabellen, welche der Verfasser zusammenstellte, zeigen jedoch keine Spur eines solchen Verhaltens. Da in einem Falle sogar bis zum Abstande von 288 *km* vom Epizentrum der Schall nach dem Stoße gehört worden ist, müssen die Schallwellen sich mit nahezu derselben Geschwindigkeit fortpflanzen wie die Erdbebenwellen.

Nimmt man an, daß die Erdbebenwellen aus dem Zentralgebiete des seismischen Herdes kommen, die Schallwellen hingegen sowohl von diesem, als auch von den Rändern des Herdes, so lassen sich die Beobachtungen damit in Übereinstimmung bringen. Zunächst wird die Dauer des Schalles überall größer sein als die des Stoßes; in großem Abstande werden sie nahezu gleich werden wegen der zunehmenden Unhörbarkeit der ersten und letzten Schallschwingungen. Sodann wird bei zunehmendem Abstande vom Entstehungspunkte die Zahl der Fälle, in denen man den Schall vor dem Stoße hört, nicht schnell zunehmen, und die, wo man den Schall nach dem Stoße hört, rasch abnehmen müssen, sondern beide werden, wie die Erfahrung lehrt, leicht abnehmen. Somit scheinen die vom Verfasser benutzten Beobachtungen zu zeigen, daß die Geschwindigkeit der Schallwellen sich nur wenig von der Geschwindigkeit der Erdbebenwellen unterscheidet, und daß das allgemeine Vorangehen des Schalles eine ausreichende Erklärung in der Annahme findet, daß die frühen Schallwellen in allen Fällen von den nähern Randgebieten des Erdbebenherdes kommen.

Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinnern macht Prof. Hans Benndorf weitere Mitteilungen in der Akademie der Wissenschaften in Wien.[1]) Nach einleitenden theoretischen Erörterungen über den Strahlengang in kugelförmig geschichteten Medien mit kontinuierlich variablem Brechungsindex weist der Verfasser zunächst nach, daß eine von Kövesligethy für ein spezielles Verteilungsgesetz der Geschwindigkeit im Erdinnern aufgefundene Beziehung zwischen scheinbarer und wirklicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit ganz allgemein Gültigkeit besitzt, welches immer das Gesetz sein mag, nach dem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen mit der Entfernung vom Erdmittelpunkte variiert.

Bezeichnet c_0 die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen an der Erdoberfläche, T die Zeit, die sie brauchen, um vom

[1]) Anzeiger d. K. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1906. Nr. XIII.

Erregungszentrum zum Beobachtungsorte zu gelangen, Δ die Epizentralentfernung des Beobachtungsortes, konstruiert man ferner die Laufzeitkurve, indem zu Δ als Abszisse das zugehörige T als Ordinate aufgetragen wird, so lautet die oben erwähnte Beziehung $c_0 \frac{dT}{d\Delta} = \cos e_0$, wo e_0 den Emergenzwinkel bedeutet, unter dem der betreffende Strahl die Erdoberfläche trifft, und zwar gilt diese Beziehung für eine beliebige Lage des Bebenherdes.

Anders ausgedrückt, das Verhältnis der wirklichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit c_0 zur scheinbaren $v^{(s)} = \frac{d\Delta}{dT}$ ist gleich dem Kosinus des Emergenzwinkels. Diese Beziehung lehrt, daß sich die Emergenzwinkel aus der Laufzeitkurve berechnen lassen.

Eben deshalb erscheint die experimentelle Bestimmung der Emergenzwinkel von großer Bedeutung; einmal ermöglicht sie eine unabhängige und noch sehr wünschenswerte Kontrolle der Laufzeitkurve; zweitens gestattet sie eine direkte Bestimmung von c_0, wenn gleichzeitig die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit bekannt ist. Man ist daher nicht nur in der Lage, Mittelwerte von c_0 für die Erdoberfläche zu gewinnen, sondern kann eventuell auch größere geologische Abnormalitäten in der Nähe eines Beobachtungsortes erschließen.

Da aber die obige Beziehung auch für transversale Wellen gilt, ermöglicht sie die experimentell nicht zugängliche Ermittlung des Emergenzwinkels für solche Wellen.

Sollte sich die Vermutung bestätigen, daß die zweiten Vorläufer eines Bebens transversale Wellen sind, wäre damit die Möglichkeit geboten, nach der vom Verfasser angegebenen Methode auch die Geschwindigkeit transversaler Wellen in verschiedenen Erdtiefen zu bestimmen; aus den Geschwindigkeiten longitudinaler und transversaler Wellen aber lassen sich unter Annahme eines Dichtigkeitsgesetzes die zwei Elastizitätskonstanten für die verschiedenen Erdschichten bestimmen, wodurch man zur Lösung eines wichtigen geophysikalischen Problems gelangen würde.

Die Prüfung dieser Beziehung an den von Schlüter experimentell bestimmten Emergenzwinkeln ergibt eine überraschend gute Übereinstimmung. Die aus den Emergenzwinkeln berechnete Laufzeitkurve fällt mit der vom Verfasser früher bestimmten nahe zusammen und schließt sich stellenweise sogar besser an die Zeitbeobachtungen an; der Rechnung ist ein Wert von 5.5 *km*/Sek. für c_0 zugrunde gelegt.

Weiterhin gibt der Verfasser eine geometrisch synthetische Methode an, um die wirkliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit c der ersten Vorläufer eines Bebens in verschiedenen Erdtiefen angenähert zu bestimmen. Die Größe c nimmt im allgemeinen mit wachsender Entfernung vom Erdmittelpunkte ab; zur Entscheidung der

Frage, ob diese Abnahme eine durchgängige ist, oder ob es Stellen gibt, wo c mit wachsendem Radius zunimmt, wird ebenfalls eine Methode angegeben. Ihre Anwendung auf das vorliegende Zahlenmaterial ergibt, daß, wenn überhaupt, nur in einer relativ dünnen Schicht des Erdinnern die Geschwindigkeit wächst.

Im siebenten Abschnitte wird der Versuch gemacht, trotzdem das Beobachtungsmaterial recht dürftig ist, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Erdinnern wirklich zu berechnen.

Es ergibt sich im großen der folgende Verlauf. Im Erdmittelpunkte ist c ein Maximum (15.7 *km*/Sek.) und nimmt kontinuierlich gegen die Oberfläche zu ab; bei etwa $^4/_5$ des Erdradius tritt ein Stillstand in der Abnahme (eventuell sogar ein kleiner Anstieg) ein, der anhält, bis etwa bei $^{19}/_{20}$ des Erdradius ein rapides Absinken auf den Oberflächenwert ($c_0 = 5.5$ *km*/Sek.) beginnt.

Dieses typische Verhalten steht einerseits in guter Übereinstimmung mit der Wiechertschen Theorie des Erdinnern, was als ein die Richtigkeit bestätigendes Moment von Wert ist, anderseits deutet es die Existenz der von Milne und Láska angenommenen Erdkruste von $^1/_{20}$ Erdradiusdicke an.

Der letzte Abschnitt gibt einen Weg zur Bestimmung der Herdtiefe und der genauen Ermittlung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in verschiedenen Tiefen.

Einfluß der Erdbeben auf Quellen. Eine merkwürdige Folgeerscheinung des kleinen Erdbebens vom 28. zum 29. April 1905 in den Alpen war das plötzliche Zutagetreten von Quellen im Dorfe Argentières im Chamonixtale. Nach Mitteilungen französischer Geologen sind es etwa zehn Quellen, die kalt und trinkbar sind und annähernd 300 bis 400 *l* in der Sekunde liefern. Das Wasser ist am Fuße eines Terrainrandes von etwa 4 *m* Höhe und 80 *m* Länge, etwa 80 *m* oberhalb und 100 *m* über den Wiesen hervorgesprudelt. Die ganze umgebende Waldpartie war früher sumpfig, mit aussickerndem Wasser an der Oberfläche. Ein solches plötzliches Auftreten von Quellen erklärt sich leicht durch die Lagenveränderungen des Bodens infolge eines Erdbebens bei einer sehr wasserhaltigen Zone lockern oder aus Trümmern gebildeten Bodens am Fuße eines Waldes, wo die Wasseradern sich konzentrierten. Die Tatsache ist nicht außergewöhnlich und überdies nicht selten. Häufiger zeigt sich allerdings die entgegengesetzte Erscheinung, daß eine Quelle verschwindet. Ein Beispiel dafür, welches E. A. Martel nach dem kleinen Erdbeben am 13. Juli 1904 in Briançon beobachtet hat, wird in „La Nature" geschildert. Eine für die Soldaten und Hirten kostbare Wasserader, die gegen 2200 *m* in der Höhe der Mallefosseschlucht am Fuße des Signal von Saint-Chaffrey (2570 *m*) entspringt, wurde durch den einfachen Fall von Blöcken gesperrt, die von einem Abhange herabkamen. Trümmer dieser Blöcke bedeckten das austretende Wasser,

so daß jede Spur von Feuchtigkeit unterdrückt wurde. Sehr wahrscheinlich wird der Druck des unterirdischen Wassers wie die Spaltung der Steindecke durch atmosphärische Einflüsse die kleine Quelle wieder erscheinen lassen, vielleicht mit einer kleinen Verschiebung der Öffnung. Natürlich haben die großen Erdbeben oft durch Umgestaltung, Öffnung oder Verstopfung wasserhaltiger Spalten tiefgreifende Änderungen, das Entstehen oder Verschwinden großer Quellen, sowie Störungen unterirdischer großer Wasserflächen hervorgerufen, deren Ursprung viel tiefer liegt als die bei den erwähnten Tatsachen. Bei den heftigen Erdstößen, die seit etwa 15 Jahren zwei- oder dreimal Istrien, Krain und Kroatien schwer heimgesucht haben, hat man indessen keine Änderungen, keine Unterbrechung der unterirdischen Flüsse und der Verbindungen der Karsthöhlen bemerkt.[1])

Eine Erdbebengeographie hat F. de Montessus de Ballore in einem großen Werke veröffentlicht.[2]) Über dasselbe, welches uns im Originale nicht vorliegt, bemerkt Dr. J. J. Binder u. a.:[3]) Der Verfasser verdankt die Anregung zu diesem Werke den persönlichen Erfahrungen, die er während eines 5jährigen Aufenthaltes in Zentralamerika (1880 bis 1885) empfing. Es galt, zuerst einen umfassenden Katalog der geschichtlich und wissenschaftlich beglaubigten Erdbeben anzulegen, und nach jahrelanger Arbeit steht ihm nun ein kritisch gesicherter Erdbebenkatalog zur Verfügung, welcher mehr als 170000 Beben umfaßt. Dann hieß es, das Material verarbeiten und die Ergebnisse seiner Arbeit mit den Ergebnissen der neuesten geologischen Forschungen zu einem übersichtlichen Gesamtbilde zu vereinigen. Die durchschnittliche jährliche Häufigkeit und die Stärke der Erschütterung sind es, die bei der Beurteilung der Bodenruhe einer Gegend maßgebend sind. Die Erfahrung lehrt nun, daß mindestens eine Beobachtungsreihe von 50 Jahren vorliegen müsse, um sichere Ergebnisse zu ermöglichen; solche liegen aber nur vor für Zante und Niederländisch-Indien. Für die Intensität der Erschütterung hat bekanntlich die zehnteilige Rossi-Forelsche Skala Geltung erhalten, die aber trotz ihrer Verbesserung durch Cancani wissenschaftlich nicht genügt. Ersatz findet der Verfasser in der Ermittlung der Ausbreitungsfelder eines Bebens, als Maßstab für die Stärke. Sorgfältige Beobachtungen ergaben, daß Häufigkeit und Intensität in so enger Wechselbeziehung stehen, daß die Häufigkeit auch den Maßstab für die Intensität abgibt, vorausgesetzt, daß man über ein auf viele Jahre ausgerechnetes Beobachtungsmaterial verfügt. Auf diesem Wege gelangte Montessus zuletzt zu einer mathematisch ausdrückbaren Formel der „Seismizität“

[1]) Die Erdbebenwarte 1906. p. 84.
[2]) Les tremblements de terre. Géographie seismologique. Paris 1906.
[3]) Die Erdbebenwarte 1906 p. 219.

einer Gegend, deren Anfechtbarkeit ihm aber selbst nicht entging. So ersetzt er jetzt in seinem Werke dieselbe wieder durch eine rein empirische Klassifikation der Bebenhaftigkeit und unterscheidet drei Gruppen von Gebieten: seismische, wo Erdbeben häufig und öfter mehr oder minder zerstörend wirken, pénéseismische, wo sie ungleich häufig, aber heftig, und aseismische, wo sie schwach, selten oder gar nicht auftreten. Diese Skala genügte den Zwecken der Arbeit, als deren schönstes Ergebnis die Gesetze angeführt werden können, die er aus den zahlreichen Beobachtungen gewinnt, und die für die Beurteilung der Unruhe unserer Erdrinde maßgebend bezeichnet werden dürfen. Erstens ist nun feststehend der Unterschied der seismischen und vulkanischen Bodenunruhen, worauf, wie der Verfasser anerkennt, schon der gelehrte Naumann (1850) und vollends Professor Hoernes (1881) hingewiesen haben, von welchen dem letztern das Verdienst zukommt, die Bodenerschütterungen nach ihren Ursachen als vulkanische, Einsturz- und tektonische (oder Lagerungs-) Beben auch benannt zu haben, Benennungen, die heute allgemein in Geltung sind. Dabei aber gesteht der Verfasser ein, daß, wenn auch die zahlreichen Beobachtungen eine gewisse Regelmäßigkeit erkennen lassen, doch noch immer kein allgemein gültiges Gesetz der letzten Gründe gewonnen worden ist, so daß man sich z. B. heute noch nicht erklären könne, wie bei ganz ähnlicher Lagerung der Rinde und bei ganz gleichem geologischen Alter an einer Stelle der Erde der Boden immer eine gewisse Unruhe zeigt und an andern in vollständiger, ungestörter Ruhe daliegt. Das Ergebnis seiner Beobachtungen faßt Montessus auf Grund der sorgfältig in die Landkarten eingetragenen Bebenerscheinungen in folgende Sätze zusammen: 1. Die Erdrinde wird in fast nahezu gleicher Weise und fast ausschließlich erschüttert längs zweier schmaler Zonen, welche sich an zwei größte Kreise der Erde anlegen, die sich ungefähr unter einem Winkel von 67° schneiden. Das ist der Mittelmeerkreis oder alpin-kaukasisch-himalajische mit 53% der Erschütterungen und der Stille Ozeankreis oder der andisch-japanisch-malaische mit 41% der Erschütterungen. Die Pole dieser Kreise liegen ungefähr unter 45° 45′ N. und 150° 30′ westl. Gr., bzw. 35° 40′ N. und 23° 10′ östl. Gr. Diese beiden Zonen fallen genau mit den wichtigsten Linien des Reliefs der Erdoberfläche zusammen, das ist mit den „Geosynklinalen" der mittlern geologischen Epochen, wie Haug sie bezeichnet. Darauf folgen weiterhin 2. die Geosynklinalen, d. h. die beweglichsten Streifen der Erdoberfläche, wo die in größter Mächtigkeit abgelagerten Niederschlagsschichten während der Tertiärzeit gewaltige Faltungen, Verwerfungen und Aufrichtungen gelegentlich der Bildung der heutigen Hauptkettengebirge (die Antiklinalen) erfuhren, schließen in sich allein alle seismischen Gebiete — ausgenommen vielleicht etwa zwei oder drei zweifelhafte — ein. Endlich ergibt sich 3.: der Faltenbau der Geosynklinalen ist unruhig (seis-

mischen Bewegungen unterworfen) im Gegensatze zu dem inselartigen Aufbaue der Kontinentalebenen, und zwar hat dies wahrscheinlich Geltung gehabt in allen geologischen Perioden. — Dementsprechend teilt Montessus auch seine seismische Geographie nach der Haugschen Gliederung in vier Teile, wonach sich die 171.434 dem Verfasser bekannt gewordenen Erdbeben folgendermaßen verteilen: 1. Nordatlantischer Kontinent mit 8939 Beben, 2. außereuropäische Kontinentalgebiete (china-sibirischer, australisch-indisch-malaischer, afrikanisch-brasilischer Kontinent und Stiller Ozean) mit zusammen 15.282 Beben, denen 3. die Mittelmeersynklinale mit 90.126 (53%) und 4. die zirkumpazifische Geosynklinale mit 66.026 Beben (39%) gegenüberstehen.

Das Erdbeben von Valparaiso am 16. August ist auch auf dem Hilfsobservatorium der Licksternwarte in Chile bemerkt worden.[1]) Dr. Curtis berichtet, daß daselbst zwei starke Stöße eintraten, durch ein paar Sekunden Zeit voneinander getrennt. Die Nachwirkungen derselben waren bemerkenswert, indem die Erde „im wörtlichen Sinne vier Stunden hindurch in beständiger Bewegung blieb". Der Hauptstoß fand statt 8^h abends, dann kam ein scharfer Stoß 2^h und ein anderer 4^h früh. Bis zum 20. August wurden im ganzen über 100 Erschütterungen gezählt, und noch an spätern Tagen kamen dieselben zahlreich vor.

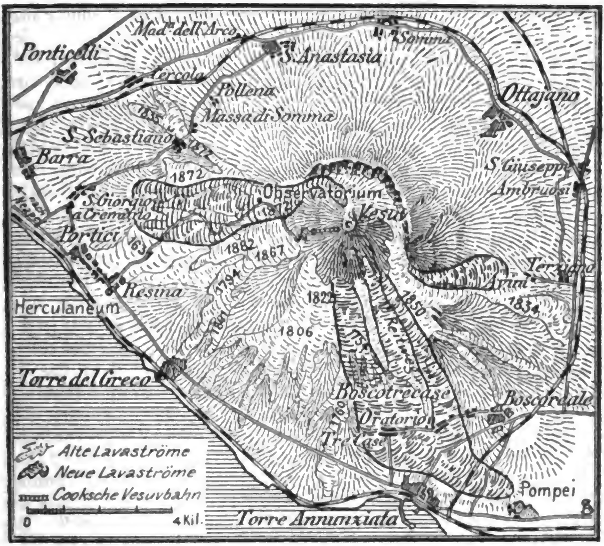
Vulkanismus.

Der Ausbruch des Vesuvs im April 1906. Die früheste seismische Tätigkeit in der Umgebung des südlichen Italiens machte sich in diesem Jahre im März auf der Insel Ustika bemerkbar, wo seit dem 19. geraume Zeit hindurch täglich Erdstöße eintraten, die man als Vorläufer eines dort demnächst stattfindenden vulkanischen Ausbruches betrachtete. Statt dessen begann der Vesuv am 2. oder 3. April sich tätig zu zeigen, und am 4. ging bereits über Neapel ein Regen von schwarzer Asche nieder. Am folgenden Tage (5. April) begann Lava zu fließen, die bald in angebautes Gelände kam. Es waren gleich anfangs zwei Lavaströme zu unterscheiden, einer, der südwärts auf Bosco tre case seinen Lauf nahm, und ein anderer, welcher aus dem Atrio del Cavallo rechts und links vom Observatorium seinen Weg nahm und San Sebastiano bedrohte. Das Observatorium selbst war vor diesen Lavaströmen völlig gesichert. Das nämliche gilt von der Ostseite, wo der Halbkreis der Somma gegen die Lava einen Damm bildete, aber diese Seite wurde umsomehr von gewaltigen Aschenmassen heimgesucht und verheert.

---

[1]) Publ. of the Astron. Soc. of Pacific 1906. Nr. 111. p. 313.

Am 5. (?) April telegraphierte Prof. Matteucci vom Observatorium aus nach Neapel: „Der heute erfolgte Ausbruch des Vesuvs hat einen außerordentlichen Umfang angenommen. Während des gestrigen Tages und der vergangenen Nacht war die Tätigkeit des Kraters schreckenerregend; sie nimmt noch immer zu. Die ganze Umgegend des Observatoriums ist von Lava bedeckt. Weißglühende Brocken werden in ungeheurer Zahl bis zu 800 und sogar 1000 *m* in die Höhe geschleudert und bilden, nachdem sie niedergefallen sind, einen großen Kegel. Andere Lavamassen entströmen anscheinend einem Krater,



Karte des Vesuvs und seiner Umgebung.

dessen Lage noch nicht sicher bestimmt ist. Das mit den Ausbrüchen verbundene Getöse und der durch das Aufeinanderprasseln des herausgeschleuderten Gesteins verursachte Lärm sind betäubend. Das Gebäude befindet sich in unaufhörlicher lebhafter Erschütterung. Wahrscheinlich wird es nötig werden, die Beobachtungsanstalt zu verlassen. Diese ist häufig elektrischen Entladungen ausgesetzt. Der Telegraph ist unterbrochen. Man glaubt, daß die Drahtseilbahn zerstört ist."

Am nämlichen Tage abends meldete ein Berichterstatter des B. L. A. u. a.:

Die Eruption des Vesuvs hat diese Nacht alarmierende Formen angenommen. Meterhoch ist die Umgebung des Observatoriums von Aschensand und Lavablöcken bedeckt. Der Schall der Explosionen und der gegeneinander- und herabrollenden Bergmassen ist betäubend. Der Boden des Berges befindet sich in ständiger Bewegung und Schwingung. (??) Der Lavaerguß aus dem zentralen Krater nahm heute früh bedrohliche Formen an. Die Flammengarben, die aus dem Kegel hervorschossen, erreichten eine Höhe von 150 *m*. In allen am Vesuv gelegenen Ortschaften wurden starke Erderschütterungen verspürt. In Resina ist keine Fensterscheibe mehr heil; der Bevölkerung hat sich eine unbeschreibliche Panik bemächtigt. Die meisten sind in die Kirchen geflüchtet und rufen den Schutz der Heiligen an. Truppen bewachen in verstärkter Zahl die öffentlichen Gebäude. Um 3 Uhr früh wurde die Bevölkerung Neapels durch starke Erdstöße aus den Betten gescheucht; sie blieb auf den Straßen, um von dem Domplatze und den Gassen beim Toledo den flammenspeienden Berg zu beobachten. Um 4 Uhr wurden ganze Züge von Wagen der elektrischen Straßenbahn nach Torre del Greco, Portici und Resina für die von dort flüchtenden Bewohner entsandt; die verlassenen Häuser werden einstweilen von Soldaten bewacht. Von Zeit zu Zeit ziehen Gewitter auf. Unterirdisches Grollen ist unaufhörlich bemerkbar, ebenso wie Erdstöße. Der Bürgermeister von St. Sebastiano telegraphiert, daß die Bewohner des Städtchens wegen des Herannahens der Lava in Gefahr sind. Von der Cookschen Bahn mit ihren Gebäuden sei keine Spur mehr. Die Lavaströme vereinigten sich vor Bosco tre case und überschwemmten die Stadt. Zuerst brannte das Oratorio, dann das Besitztum Pelusio, das Haus des Bürgermeisters, die Hauptkirche und endlich die ganze Stadt. Kavallerie patroulliert die Umgebung ab." Der Vesuv ist von einer ungeheuern schwarzen Wolke verdeckt, hinter deren Mantel sich die entsetzlichsten Szenen in den den Berg umgebenden bis dahin blühenden Ortschaften abspielen. Zufolge Nachrichten vom Observatorium ist der Hauptkrater des Vesuvs zur Hälfte eingestürzt; die Lavamassen wälzen sich auf Pompeji. Die Drahtseilbahn ist zerstört, die Vesuvringbahn von Lava durchschnitten.

Matteucci berichtete, daß der alte Ausbruchkegel des Vesuvs ca. 250 *m* an Höhe verloren hatte und oben wie abgeschnitten erschien. Dieser Zusammenbruch scheint am 7. April stattgefunden zu haben. Damals gegen Mittag erhob sich aus dem Hauptkrater eine gewaltige Aschenpinie zu riesiger Höhe, während ein Teil des obersten Kegels einstürzte. Von diesem Augenblicke an dauerte die vulkanische Krise. Um 4 Uhr vernichtete ein neuer Ausbruch den Kegel vollständig. In den Ortschaften Bosco tre case, Terzigno, Bosco reale, San Giuseppe, Poggio marina bot sich dieses Naturschauspiel in seiner ganzen furchtbaren Großartigkeit dar. Während des ganzen Nachmittages sah man, wie gewaltige Massen Rauch,

Sand, Asche und Lava 1000 *m* in die Höhe geschleudert wurden; dazu erscholl unaufhörlicher Donner, und um Mitternacht stellte sich dichter Aschenregen ein.

Die Ringbahnstrecke Neapel-Pompeji wurde bei dem Kirchhofe von Torre Annunziata durch Lava unterbrochen. In Benevent fiel dichter Aschenregen; die Stadt war in Dunkelheit gehüllt; man hörte unterirdisches Getöse. Die vom Kirchhofe bei Torre Annunziata hinabfließende Lava zerstörte eine Villa, teilte sich dann in zwei Ströme, von denen der eine auf Pompeji, der andere auf das Fabrikviertel des Ortes vorrückte. Von der Küste zu Neapel aus war wegen dichter, schwarzer Aschenwolken der Vesuv, Capri und die Halbinsel von Sorrent nicht zu erblicken. In Foggia und Nola fiel dichter Aschenregen. In San Giuseppe sind infolge vulkanischer Erderschütterungen mehrere Häuser eingestürzt. Ottajano, Poggia marina und Somma wurden wegen des Aschen- und Feuerregens von den Bewohnern vollständig geräumt. In Ottajano ging seit $11^3/_4$ Uhr nachts ein unaufhörlicher Aschenregen nieder. Man hörte tiefes Rollen. Eine große Menge Lava nahm ihren Weg in das Atrio del Cavallo.

Ein Redakteur der Zeitung Mattino will (am 8.?) von Torre Annunziata aus den Vesuv bestiegen haben, was, wenn nicht geradezu unmöglich, so doch in dieser Zeit im höchsten Grade unwahrscheinlich ist. Er gibt getrost folgende Schilderung:

„Die Vermehrung der Lava, das Fallen kleiner Steine, der schreckliche Klang der Explosionen und die starken Erderschütterungen ließen irgend ein neues furchtbares Ereignis erwarten. 7 *km* ging es in ermüdendem Anstiege über die Schlackenfelder des Vesuvs. In der Gegend von Spaccata, so genannt, weil dort 1854 ein Erdspalt entstand, fühlten wir, wie sich unter unsern Füßen der Boden wie eine atmende Brust hob und senkte. Plötzlich öffnete sich hinter unserm Rücken ein Schlund. Wir werden von glühenden Massen, heißem Wasser und von Asche überschüttet, während scheußliche Gase uns den Atem rauben, und eine Rauchwolke uns jede Aussicht versperrt. Wir glaubten unser Ende nahe. Aus dem Schlunde strömte leichtflüssige Lava und drohte uns einzuschließen. Während wir dem Feuerkreise entfliehen, erfolgen neue Explosionen und Auswürfe von heißem Wasser und glühenden Massen. Ein zweiter, ein dritter feuerspeiender Schlund öffnen sich. Wir erklettern ein höher gelegenes altes Lavafeld und sind in Sicherheit. In diesem Augenblicke sah der Berg schrecklich aus. Aus dem obern, jetzt zusammengebrochenen Kegel schossen tausend Flammen, die sich matt im Nebel und Rauch abspiegelten.“ Diese Schilderung enthält nichts, was sich der wackere Mann nicht ebenso gut in seiner Schreibstube hätte ausdenken können.

Der Kapitän des Reichspostdampfers „Friedrich der Große“ berichtet: „Als wir am Sonntag, den 8. April, nachmittags, zwischen

Capri und Campanella durchfuhren, stand über dem Vesuv eine große, dunkelgraue, drohende Wolke, die sich immer wieder mit außerordentlicher Kraft von unten her ergänzte. Südlich von Capri war Windstille, dagegen herrschte in der Bucht von Neapel Ostwind in der Stärke 5 bis 6. Gleichzeitig wurde es etwas unsichtig, so daß wir die Mole erst bei einer Meile Abstand sichteten. Nachdem der Hafen erreicht war, blieb es noch einige Stunden klar, da nur wenig Asche herunterfiel, aber von 8 Uhr nachmittags an wurde der Aschenregen so stark, daß der ganze Verkehr mit dem Lande aufgegeben werden mußte, zumal da man auch keine 30 *m* weit sehen konnte. Gegen 11 Uhr wurde es ein wenig besser. Passagiere und Gepäck kamen durch die Tender längsseits, die sich mühsam zum Schiffe hingefunden hatten. Mit Tagesanbruch verließen wir den Hafen, da es einigermaßen sichtig geworden war. Doch gesellte sich noch ein Regen dazu, der das ganze Schiff mit Mud überschüttete. Die Asche, vermischt mit Lava, lag mehr als 2 Zoll über dem Schiffe. Je weiter wir uns von Neapel entfernten, desto klarer wurde die Luft, doch war ein Getöse, als wenn mit Geschützen schwersten Kalibers geschossen würde, noch 50 Seemeilen weit zu hören."

Am 9. April wird aus Neapel gemeldet, die Tätigkeit des Vesuvs habe sich anscheinend stark verringert, und der auf Torre Annunziata zu laufende Lavastrom sei zum Stehen gekommen. Seine Front habe 200 *m* Breite und 7 *m* Höhe. Er überschritt die Eisenbahn und zerstörte die Ringbahn um den Vesuv. Ein Arm hatte sich in der Richtung auf Pompeji zu bewegt. Ein auf Terzigno gerichteter Lavastrom, der 2 *km* von dem Orte entfernt Halt gemacht, hat sich wieder in Bewegung gesetzt. Über Neapel fiel am 9. Mai kein Aschenregen mehr, dagegen wurde tags vorher in Cettinje gelber Staubregen beobachtet, ähnliches wird aus Antivari und andern Orten gemeldet.

Aus Neapel wurde am gleichen Tage gemeldet, daß infolge der Asche- und Sandmengen das Dach der Mont-Oliveto-Markthalle eingestürzt sei. Mittags zeigte sich der Vesuv klar, der Mittelkrater war rauchlos, aus einem tiefer gelegenen Krater (?) strömten dagegen mächtige Rauchwolken. In der Nacht vom 9. zum 10. April hörte der Aschenregen auf, aber am letzten Tage schwebte über dem Vesuv ein mächtiger Wolkenberg.

Am 14. April abends hörte der Sandregen in Terzigno, Ottajano und San Giuseppe auf, begann dann am folgenden Morgen $5^1/_2{}^h$ wieder, um bald abends aufzuhören. An diesem Tage um 2^h wurde indessen aus Ottajano wiederum dichter Sandregen gemeldet. Matteucci auf dem Observatorium beobachtete am 15. April starken, jedoch feinen Sandregen, der am nächsten Tage abnahm. Die Instrumente zeigten nur geringe Bodenbewegungen an.

Matteucci telegraphierte (am 14. April?) vom Observatorium: „Vergangene Nacht und heute sind die Tätigkeit des Vulkanes und die Schwankungen der seismographischen Instrumente wesentlich

geringer. Die elektrischen Entladungen haben aufgehört. Wegen der Abnahme des Sandregens, der mutmaßlichen Gestaltung des Kraters und anderer Anzeichen, sofern die mir zugegangene Nachricht bezüglich Stillstandes des auf Bosco tre case gerichteten Lavastromes wahr ist, nehme ich unter Vorbehalt an, daß in zwei bis drei Tagen der Vulkan wieder zur Ruhe kommen wird."

Von offenbar fachkundiger Seite wurde berichtet:

Die Vesuvlava scheint diesmal besonders gasreich zu sein. Dafür spricht auch der auffallend starke Aschenregen; denn das staubartige Gemenge von kleinsten Kriställchen und Kristallteilchen, das wir als vulkanische Asche oder Sand bezeichnen, ist nichts anderes als zerspratzter Schmelzfluß. Es ist ein Erzeugnis der Eruption selbst. Die explodierenden Gase zerspratzen die gewaltsam durchbrochenen Lavamassen und schleudern die winzigen Fetzen hoch in die Luft empor, wo sie alsbald erkalten, um dann als dichter Aschen- oder Sandregen zur Erde niederzusinken oder vom Winde weit forttransportiert zu werden. Daneben werden auch kleinere und größere Stücke schlackenartig erstarrter Lavamassen, die sogenannten Lapilli und vulkanischen Bomben, sowie Bruchstücke älterer, von den Wandungen oder dem Untergrunde der vulkanischen Esse losgerissener Gesteine ausgeworfen. Je stärker die Lava von Gasen erfüllt ist, je heftiger die Explosionen dieser Gase sind, desto größer ist auch die Menge der vulkanischen Auswürflinge.

Die chemische Untersuchung der Asche des jetzigen Ausbruches, die Prof. Zinno vorgenommen, ergab, daß sie aus Kieselerde, Aluminiumoxyd, Kalkstein, Magnesia, Eisen und Mangan zusammengestellt ist. Die Spuren von Ammoniumchlorid, die sich darin finden, können sich vielleicht erst, nachdem sie niedergefallen waren, gebildet haben. Sie ist ganz frei von freien Säuren, von elementarem Schwefel, überhaupt von schädlichen Substanzen. Auf die Vegetation wirkt sie nicht ungünstig ein, eher befruchtend; vor allem fördert sie das Wachstum des Weines, des Grases und der Gemüse, wie dies schon mehrfach bei ähnlichen Aschenregen festgestellt wurde. Nur da, wo die Asche in unmittelbarer Nähe des Eruptionsherdes niederfiel, wurden die Pflanzen, die sie bedeckte, abgesengt.

Am 15. April zeigten die Lavamassen in der Richtung gegen Torre Annunziata keinerlei Bewegung mehr, und auch der folgende Tag verlief ruhig. Matteucci meldete vom Observatorium, die Tätigkeit des Vesuvs bestehe nur noch in vermindertem Auswerfen von Sand in der Richtung auf Ottajano zu, während die Instrumente keine Unruhe im Vulkane mehr anzeigten.

Die allgemeinen Vorgänge bei dieser Vesuveruption faßt Dr. Hans Philipp, teilweise auf Grund eigener Erfahrung an Ort und Stelle, wie folgt zusammen:[1])

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906. Nr. 8 p. 596.

„Die Eruptionsphase des letzten Frühjahres kam nicht unerwartet; denn leichtere Eruptionen waren ihr seit dem Mai 1905 vorausgegangen. Der Hauptkrater befand sich in erhöhter Tätigkeit, während sich aus einer Spalte oberhalb des Atrio del Caballo Lava ergoß und die Cookbahn zwischen Observatorium und Drahtseilbahn zerstörte. Am 4. April dieses Jahres brach dann eine neue Spalte auf der Südseite des Kraters auf, und aus dieser drangen die mächtigen Lavaströme, die Bosco tre case teilweise zerstörten und Torre Annunziata stark bedrohten. Dem Lavaausfluß folgte in der Nacht vom 7. auf dem 8. die mächtige Eruption von Lapilli und Aschen, der die Orte im Osten des Berges zum Opfer fielen. Sehr eigenartig gestaltet sich die Verteilung von Lapilli und Aschen, indem die Lapilli nur auf der Ostseite des Berges, die Aschen jedoch in ihrer Hauptmasse auf der Westseite niederfielen. Diese Verteilung erklärt sich durch die während der Eruption herrschenden Winde, die aus östlicher Richtung kamen, während die Stoßkraft der Eruption in der Richtung von Westen gegen Osten gerichtet war. Die Gestalt des Kegels hat sich verändert. Der Kegel ist niedriger geworden und hat dadurch seine spitze schlanke Gestalt eingebüßt. Das geförderte Material unterscheidet sich wenig von den frühern Eruptionen und gehört zu den olivinarmen Leuzitbasaniten.

Über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des Ausbruches und der Eruptionsprodukte liegt bis jetzt im wesentlichen folgendes vor:

Das K. Geologische Amt in Rom hatte einige Mitglieder entsandt, über deren Forschungsergebnisse mehreres verlautet. Nach dem Berichte, den die „Geographische Zeitschrift" darüber bringt, ist der Krater, der sich seit 1895 langsam angefüllt hatte, und die kleinen Aschenkegel, die sich an den Außenwänden des Kraters während dieser Zeit gebildet hatten, während der Eruption eingestürzt, wodurch sich die Höhe des Vulkanes um etwa 100 *m* vermindert und seine Form derart verändert hat, daß anstatt der Kuppe als Begrenzung des Vulkanes eine horizontale Linie erscheint. An drei Stellen des Berges entquollen ihm während des Ausbruches Lavaströme: in 1100 *m* Höhe in der Nähe des Albergo Fiorenza, südöstlich vom Krater, in 600 *m* und in 480 *m* erheblich weiter östlich davon. Der erste Lavastrom floß bis zum Friedhofe von Bosco tre case, der zweite über Bosco tre case hinaus bis auf 500 *m* vor Torre Annunziata und der dritte längs der alten Lava von 1834 nach Terzigno. Die Höhe dieser Lavaströme schwankte zwischen 3 und 7 *m* die Geschwindigkeit erreichte bei dem zweiten Strome 5 *m* in der Minute. Alle Ströme legten mehrere Kilometer zurück; ihre Oberflächen zeigen geröllartige Bildungen, was für die Wucht des Ausbruches spricht, da sonst die Lava Strähne oder Tafeln an der Oberfläche bildet. Die Gesamtmenge der während des Ausbruches aus-

geschleuderten Aschen und Lapilli wird auf 85000000 *cbm* geschätzt; die Aschenschicht erreichte in Ottajano und San Giuseppe eine Höhe von 1 *m*, in der Nähe des Observatoriums von 40 *cm* und in Portici von 15 *cm*. Durch Wind wurde die Asche bis nach Cattaro und Ragusa getrieben, wo in der Nacht vom 8. zum 9. April ein reichlicher Aschenfall beobachtet wurde; Paris war am Morgen des 11. April von einem dichten grauen Nebel bedeckt, der so dicht war, daß die Schiffahrt auf der Seine eingestellt werden mußte; die Untersuchung des gesammelten Staubniederschlages ergab volle Identität mit Vesuvaschenproben aus dem Jahre 1822, so daß man es hier wohl auch mit Vesuvasche zu tun hat. Im Hafenbezirke von Triest wurden vom 15. bis 19. April bei andauerndem Regen leichte Aschenfälle konstatiert, die nach mikroskopischer und mikrochemischer Untersuchung vulkanischen Ursprunges waren. — Als Ursache des Todes der bei der Eruption ums Leben Gekommenen ist in 94% der Fälle Verletzung durch Einsturz von Gebäuden unter der Last der Aschenschicht angegeben; 6%, meist Kinder, starben infolge Verwundung durch weißglühende Lavastücke oder infolge Eindringens von Körnerasche in die Atmungsorgane. Tod durch giftige Gase, wie behauptet worden ist, kam nicht vor. Der durch die Eruption unmittelbar angerichtete Schaden wird auf 40 000 000 Lire geschätzt; der mittelbare ist gar nicht zu berechnen, da die Ertragsfähigkeit des Bodens durch die dicke, rötlichgraue Aschenschicht, welche jetzt den ganzen Berg bedeckt, jahrelang schwere Einbuße erleiden wird.

Über die chemischen Vorgänge bei dem Ausbruche berichtet auf Grund seiner eigenen Forschungen Prof. Dr. J. Stoklasa von der technischen Hochschule zu Prag.[1])

Die bisherigen Ansichten über die Chemie des Vulkanismus, sagt er, laufen im wesentlichen darauf hinaus, daß die im Magma aufgelösten Gase frei werden. Durch fortschreitende Erstarrung des Magmas werden die vulkanischen Exhalationen gebildet, und geht eine Entgasung des Erdkörpers vor sich. Nach den Untersuchungen von Albert Brun enthalten die dem Krater entströmenden Gase, Wasserstoff, Stickstoff, Ammoniak, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Kohlendioxyd und Wasserdampf. Der weißgelbe Rauch, der über dem Gipfel des Vesuvs in Pinienform schwebt, wird hauptsächlich von Ammoniumchlorid gebildet. Eine Emanation der Gase aus der geschmolzenen Lava erfolgt, wie schon Bartoli beobachtete, bei etwa 1000°. Je höher die Temperatur, desto mehr Gase bilden sich. Die Gase sind mit der Lava verbunden, und diese läßt sie entweichen, solange sie glühend ist; das gilt besonders vom Ammoniak, Chlorwasserstoff, Kohlendioxyd und Wasserdampf, welch letztere durch Verbrennung des Kohlenwasserstoffes entstehen. Die Kohlenwasserstoffe sind, wie Prof. Stoklasa später zeigen will, mit dem Magma verbunden.

[1]) Chemiker-Zeitung 1906. Nr. 61.

Mit den notwendigsten Reagenzien und Apparaten versehen, untersuchte er am 4. Mai 1906 die aus Stellen nahe beim Krater entweichenden Gase. „Chlorwasserstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlendioxyd waren in diesen Gasen entschieden vorhanden, nicht aber schweflige Säure. Dagegen wurde im Vulkansande und in der Asche beim Krater schweflige Säure nachgewiesen, und zwar wurden im Sande und in der Asche beim Krater 0.01% SO_2 gefunden. Die Gasausströmung ist natürlich eine mit dem Schmelzen der Lava verbundene Erscheinung, das Aufsteigen salziger Dämpfe aus den Mofetten kündigt — beim Vesuve — die vulkanische Eruption an. Die Gase entweichen allmählich mit steigender Temperatur der Lava, bei sehr hoher Temperatur strömen sie in sehr großer Menge aus. Die aus der Tiefe aufsteigenden Gasmassen reißen die Lava mit sich, die ganz durchsetzt ist von Gasen und Flüssigkeit, und veranlassen die Eruption. Die Kohlenwasserstoffe der Lava verbrennen zumeist zu Kohlendioxyd und Wasserdampf. Der Ursprung des Chlorwasserstoffes, Fluorwasserstoffes, Schwefelwasserstoffes, Ammoniaks und Kohlenoxydes in den aus dem Krater aufsteigenden Gasen ist noch nicht entsprechend aufgeklärt. Der Genfer Forscher A. Brun, welcher sich schon seit längerer Zeit mit der Untersuchung des Vulkanismus beschäftigt, veröffentlichte schätzenswerte Beiträge zur Zusammensetzung der Vulkangase in mehrern Arbeiten, in welchen er die Vermutung ausspricht, daß das Ammoniak aus Siliziumnitrid, Eisennitrid, Aluminiumnitrid oder Kalziumnitrid entsteht, der Chlorwasserstoff hingegen seinen Ursprung den Silikochloriden verdankt. Die Nitride und Silikochloride sind mit dem Magma verbunden."

Daß tatsächlich Ammoniak, Chlorwasserstoffsäure und Kohlendioxyd aus der Lava entweichen, hat Prof. Stoklasa auch an glühender Lava hinter Bosco tre case und Casa bianca beobachtet. „Auf der Oberfläche der kaum erstarrten, noch warmen Lava zeigt sich ein Anflug von Ammoniumchlorid, Natriumchlorid und stellenweise auch Eisenchlorid. Man kann an vielen Orten in dem Anfluge, bestehend aus Chloriden, auch freie Chlorwasserstoffsäure nachweisen. Der gelbliche Anflug auf der Oberfläche der Lapillen und Lava wird von Ferrisalzen gebildet, die oft fälschlich für Schwefel gehalten werden. Freier Schwefel ist weder in der Asche und im Vulkansande, noch in der Lava in der Umgebung des Vesuves zu konstatieren. Bloß Sulfite und Sulfate sind in geringerer Menge im Vergleiche zu den Chloriden in den Eruptionsprodukten vertreten. Die Schwefelsäure und die schweflige Säure sind entstanden durch Oxydation von Schwefelwasserstoff. Die freie Schwefelsäure läßt sich neben den Sulfaten in den Krusten öfters konstatieren. Am 3. April 1906 vernahm Prof. Matteucci das erste unterirdische Dröhnen — das erste Anzeichen gesteigerter vulkanischer Tätigkeit. Die Exhalation der Gase war bereits eine ziemlich starke, sie nahm

unausgesetzt zu, bis endlich mächtige Flammen aus dem Krater schlugen. Bei der Eruption wurden zunächst Massen von Vulkanschlamm herausgeschleudert, darauf folgten Sand, rote Asche, Lava, Lapillen, Bomben und schließlich Grauasche (9. April).“ Am zweiten Tage seines Aufenthaltes in Neapel (am 5. Mai) bestieg Prof. Stoklasa den Vesuv von Bosco tre case her. „Ein Gasschleier mit vorwiegendem Ammoniumchloridrauch,“ sagt er, „hüllte die ganze Fläche ein, die von erstarrter, an vielen Stellen aber noch ganz heißer Lava überflutet war. Die glühende poröse und anderwärts wieder glasige Masse läßt fortwährend Ammoniumchlorid aufsteigen, welches sich an kühlern Stellen der Blöcke in Form eines feinen, weißen, kristallinischen Anfluges absetzt. An manchen Stellen sieht man stärkere Gruppen von Drusen, ja selbst ganz kleine Flächen von Ammoniumchlorid, untermischt mit etwas wenig Kalium-, Natrium- und Eisenchlorid, Natrium- und Kaliumsulfat. Andere Anflüge sind blaßgelb. Sie bestehen hauptsächlich aus Ammonium- und Eisenchlorid und werden, wie schon erwähnt, irrtümlich für ausgeschiedenen Schwefel gehalten . . .

Manche Lavastücke, sofort nach dem Erstarren der Masse gesammelt, enthalten 2 bis 4% in Wasser löslichen Anteiles, der besonders von Ammonium-, Kalium- und Natriumchlorid gebildet wird. Warme Lava mit weißem Anfluge von Bosco tre case wurde der Analyse unterworfen. . . .‘“

Prof. Stoklasa hat in der Lava weder Baryumoxyd, noch Strontiumoxyd nachgewiesen. Laven ohne Anflug enthalten bloß eine geringe Menge Ammoniumchlorid und Ammoniumfluorid. Bemerkenswert ist, daß die Lava, welche Pompeji und Herculanum zerstörte, sowie jene vom Jahre 1631 und 1898 von ziemlich ähnlicher Zusammensetzung sind, wie die Lava der letzten Aprileruption. Stoklasas Analysen dieser Lava differieren auch nicht wesentlich von den Untersuchungsresultaten der Laven alter Eruptionen, die Dr. Eugen Casoria, Professor der landwirtschaftlichen Hochschule in Portici, veröffentlicht hat. Lediglich in dem Gehalte an Kalium- und Natriumoxyd zeigen sich Unterschiede. Die alten Laven enthalten weniger Alkalien.

Prof. Stoklasa führt Analysen der Lava aus der Eruption vom Jahre 79 nach Chr., sowie jener vom Jahre 1898 an. Beide Analysen wurden von Dr. Casoria ausgeführt, der sich um die Feststellung der Zusammensetzung der Vesuvlaven große Verdienste erworben hat.

	Lava vom Jahre 1898	Lava vom J. 79 n. Chr.		Lava vom Jahre 1898	Lava vom J. 79 n. Chr.
SiO_2 . .	49.475%	51.037%	CaO . . .	7.100%	8.100%
P_2O_5 . .	0.543 „	0.495 „	MgO . . .	2.342 „	3.386 „
Al_2O_3 . .	20.107 „	18.615 „	K_2O . . .	6.810 „	2.995 „
FeO. . .	5.382 „	3.676 „	Na_2O . .	3.722 „	4.241 „
Fe_2O_3 . .	3.070 „	4.916 „	BaO . . .	0.141 „	0.146 „
MnO . .	0.650 „	0.511 „	SrO . . .	0.078 „	0.052 „

Die erstarrte Lava, bis zur Rotgluthitze geglüht, setzt nach Prof. Stoklasas Untersuchungen abermals Ammoniak in Freiheit. Nach vierstündigem Brennen im Luftstrome waren aus 1 *kg* Lava bis 100 *mg* Ammoniak entwichen. Laven, welche reich an großen Poren sind, liefern wenig Ammoniak bei dem Glühprozesse. Durch den heftigen Ausbruch entweicht das Ammoniak neben Chlorwasserstoffsäure.

Als eine interessante Erscheinung erwähnt Prof. Stoklasa, daß auch die Lapillen und Lava vom Kammerbühl bei Franzensbad in Böhmen, einem erloschenen Vulkane, der noch zur Zeit des Diluviums tätig war, zur Rotgluthitze im Luftstrome (besser im Sauerstoffstrome) geglüht, ebenfalls Ammoniak entweichen lassen. Auch Basalte, längere Zeit im Luftstrome geglüht, entwickeln kleinere Mengen Ammoniak. Durch den Glühprozeß entweichen aus 1 *kg* Lapillen vom Kammerbühl binnen 4 Stunden 40 *mg*, aus 1 *kg* Leuzitbasalt während der gleichen Zeit 70 *mg* Ammoniak.

Prof. Stoklasas Analyse zeigt, daß die Zusammensetzung der Lapillen von jener der Lava sich nicht erheblich unterscheidet; nur K_2O ist weniger vertreten als in der Lava, und MgO tritt mehr in den Vordergrund. Er fand in der Lava 7%, in den Lapillen bloß 2% K_2O. In der Lava ist von MgO bloß 1%, in den Lapillen 4.7% vorhanden. Die Lapillen enthalten stets Ammoniumchlorid, das sich schon durch den weißen Anflug verrät. Fluor war stets in den Lapillen zu konstatieren.

Eine interessante Zusammensetzung weist die Rot- und Grauasche auf, die das letzte Produkt der diesjährigen Aprileruption war.

In der Grau-, sowie in der Rotasche ließen sich durch starke Vergrößerung kleine Kriställchen von Leuzit, Augit, auch von Olivin nachweisen. Die Rotasche enthält mehr Ferriverbindungen als die Grauasche. Was die Zusammensetzung der Grauasche betrifft, so enthielt dieselbe bloß Spuren von Ammoniak.

Die Analyse der Asche von der Eruption des Mont Pelé differiert nach Prof. Stoklasa sehr von der Grauasche der Vesuveruption. Auffallend war hier die große Menge von Kieselsäureanhydrid, und zwar wurden hiervon 60%, in der Grauasche hingegen bloß 47.57% gefunden. In dem Gehalte an Alkalien fanden sich auch bedeutende Differenzen. Die Asche vom Mont Pelé enthält bloß etwa 1% K_2O und 3.4% Na_2O, die Grauasche dagegen 7.64% K_2O und 3.53% Na_2O.

„Der Vesuv," fährt Prof. Stoklasa fort, „hat bei seiner letzten Eruption mehr als 500 Millionen Doppelzentner Vulkanschlamm, Sand, Lava, Lapillen und Asche ausgeworfen. Rechnet man, daß die Eruptionsprodukte bloß 0.1% Stickstoff in Ammoniakform enthalten — in vielen dieser Produkte ist der Stickstoffgehalt in Wirklichkeit weitaus größer —, so enthält die gesamte ausgeworfene Menge mindestens 500 000 Doppelzentner Stickstoff, ein Quantum, wie es jährlich in Form von Ammoniak und Salpetersäure nicht

einmal in ganz Deutschland verbraucht wird. Und erst die ungeheuren Mengen Kali, Phosphorsäure, Kalk und Magnesia.Die kultivierten Gegenden um erloschene Vulkane und den Vesuv herum werden denn auch niemals gedüngt, und doch bleiben sie die fruchtbarsten Gebiete von ganz Europa, wie die Campaniens, die „regio felix" der alten Römer, die nach Plinius dreimal im Jahre Ernten gab und mehr Olivenöl lieferte, als alle von den Römern unterjochten Länder zusammen. Die Vulkanausbrüche haben die ganze Gegend mit den wertvollsten Nährstoffen, wie Ammoniak, Phosphorsäure und Kali, befruchtet in einer Form, die von dem Wurzelsysteme der Pflanzen leicht assimiliert zu werden vermag."

„Über die Ursache der vulkanischen Ausbrüche des Vesuvs," sagt Prof. Stoklasa, „ist es sehr schwer, etwas Positives zu erklären, da uns die nötige Grundlage über die chemischen Prozesse fehlt. Heute ist jedoch so viel sicher, daß aus dem Krater Schwefelwasserstoff, Stickstoff, Ammoniak, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Kohlendioxyd und Wasserdampf ausströmen. In den Produkten der Eruption des Vesuvs, und zwar in den Lapillen, Bomben, der Rot- und Grauasche, sowie in der Lava sind nachstehende Elemente vertreten: Aluminium, Arsen, Baryum, Blei, Bor, Chlor, Eisen, Fluor, Kalium, Kalzium, Kobalt, Kohlenstoff, Kupfer, Magnesium, Mangan, Molybdän, Natrium, Nickel, Phosphor, Sauerstoff, Schwefel, Silizium, Stickstoff, Strontium, Titan, Wasserstoff, Wismut und Zink.

Das Ammoniak verdankt seinen Ursprung den Nitriden, welche mit dem Magma verbunden sind, der Chlorwasserstoff hingegen den Silikochloriden, welche gleichfalls in dem Magma vorhanden sind. Der Schwefelwasserstoff entsteht durch Einwirkung des Wasserdampfes auf die Sulfide, welche in dem glühenden Magma anwesend sind. Der Chlorwasserstoff verbindet sich in der Hauptmenge mit Ammoniak zu Ammoniumchlorid. Die überschüssige Chlorwasserstoffsäure wirkt auf die Silikate des Kaliums, Natriums, Eisens, Aluminiums usw. und bildet die wasserlöslichen Chloride, welche in den einzelnen Produkten der Eruption vorhanden sind. Das Schwefelwasserstoffgas verbrennt bei Gegenwart von Luft zu Wasser und Schwefeldioxyd, und die gebildete schweflige Säure oxydiert sich zu Schwefelsäure. Durch Einwirkung der Schwefelsäure entstehen sodann verschiedene Sulfate.

Bei dem Krater des Vesuvs, sowie in dem Atrio del Cavallo finden wir verschiedenartige Krusten und Drusen von Kristallen, welche hauptsächlich aus Chloriden und Sulfaten bestehen. Auch freie Chlorwasserstoffsäure und Schwefelsäure ließ sich feststellen. Namentlich im Atrio del Cavallo, einem tiefen, sichelförmigen Tale, welches die Somma von dem eigentlichen Aschenkegel trennt, finden wir Kristalle und Drusen von Chloriden und Sulfaten der frühern Eruptionen, welche manchmal von den Kupfersalzen, bzw. vom Kupferchlorid grünlich gefärbt sind. In diesen Krusten sind auch

Salze von Zink, Nickel, Kobalt, Molybdän und Blei zu finden. Wenn man die Zusammensetzung der einzelnen Produkte der Eruption mit den Analysen von Lapillen und Lava der erloschenen Vulkane, wie z. B. des Kammerbühl bei Eger (Böhmen), vergleicht, so sehen wir, daß die Menge von SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO und CaO ziemlich gleich ist. Nur in Na_2O und K_2O finden wir Differenzen."

Prof. C. Doelter berichtete der K. K. Akademie in Wien über seine Beobachtungen bei der Vesuveruption.[1]) Er bemerkt zunächst, daß der jüngste Ausbruch durch große Mengen von Aschen charakterisiert war, die sich in drei Sorten unterscheiden lassen: schwarze, rötlichbraune und graue, die aber im großen und ganzen mineralogisch nicht sehr verschieden sind. Ob chemische Unterschiede vielleicht bezüglich des Eisengehaltes vorhanden sind, müsse die im Zuge befindliche chemische Untersuchung zeigen, die Prof. Abegg in Breslau unternimmt.

Die Unterschiede sind nach Doelter wahrscheinlich weniger in der mineralogischen Zusammensetzung als in dem verschiedenen Korne und zum Teile auch in der Oxydationsstufe des Eisens in dem beigemengten Glase zu suchen. Ihre Bestandteile sind dieselben wie die der frühern Aschen. Die rote Farbe scheint teilweise durch einen feinen Überzug der Kristalle verursacht zu sein.

Was die Verbreitung der verschiedenen Aschen anbelangt, so herrscht die braune Asche weitaus vor, und ist jedenfalls der Bereich der schwarzen Asche ein weit beschränkterer, und diese hauptsächlich in der Nähe des Vesuvkegels zu suchen, doch ist auch in Neapel solche gefallen.

Am geringsten dürfte das Gebiet der grauen Asche gewesen sein, welche mehr im Südwesten fiel, und welche wohl ärmer an Magneteisen ist, aber die mineralogischen Unterschiede sind, wie erwähnt, jedenfalls geringe.

Unter den Auswürflingen fanden sich viele Bomben, die zum Teile sehr Interessantes zeigen. Auch bei dieser Eruption sind solche merkwürdige Auswürflinge gefallen, die schon J. Roth in seinem Werke über den Vesuv (1857) erwähnt, nämlich schwarze, dichte Leuzitlava mit kleinern und größern Obsidianeinschlüssen von unregelmäßiger Form; es sind aber keine eigentlichen Einschlüsse, sondern ungeschmolzene Mineralien, zum Teile wahrscheinlich Augite; bei der Umschmelzung bildete sich außer Glas ein grüner Augit und auch Melilith.

Bei dem großen Lavastrome, welcher von Bosco Cognobti gegen Torre Annunziata floß, und welcher an verschiedenen Teilen sehr verschiedene Struktur, bald dicht, bald porös, zeigt, ist vor allem bemerkenswert der große Unterschied im quantitativen Mineralbestande am Ausgange und am Ende des Stromes. Die Lava vom

[1]) Wiener Akad. Mitt. 1906. p. XVII.

Ausgange des Stromes ist ungemein reich an grünen und gelbgrünen Augiten, und Doelter fand bei Bosco tre case solche von über 2 *cm* Länge, während die obere Lava nur kleinere Augite enthält und in viel geringerer Zahl; dagegen dominiert in der obern Lava der Leucit in großen Kristallen. Die Ursache dürfte nach Doelter vielleicht in der Abkühlungsgeschwindigkeit liegen. Sonst liegt ein qualitativer mineralogischer Unterschied dieser Lava und früherer kaum vor; ob chemische Unterschiede vorhanden sind, wird die chemische Untersuchung zeigen.

Besondere Aufmerksamkeit wendete Doelter den Exhalationen zu, sowohl den obern auf ca. 800 *m* Höhe, als jenen von Bosco tre case. Da von einer Seite die Gegenwart von freiem Chlor behauptet wurde und bei einer Exkursion mit Prof. F. Henrich aus Erlangen auch an einer Stelle in der Nähe des Aschenkegels von beiden Chlorgeruch wahrgenommen wurde, so hat Doelter an vielen Stellen mit Jodkaliumlösung auf freies Chlor untersucht, aber immer mit negativem Erfolge; es wäre ja denkbar, daß in diesen Exhalationen, die eine Temperatur von 350 bis 500° haben, sich freies Chlor bildet, aber der stets vorhandene Wasserdampf veranlaßt die Rückbildung von Salzsäure. Chloride finden sich massenhaft an den Rändern der Exhalationen; am häufigsten sind Salmiakkristalle.

Auf Fluor prüfte Doelter ebenfalls die Exhalationen, aber ohne Erfolg; dennoch dürften Fluoride vorhanden sein, was auch durch die allerdings sehr seltenen Biotitkristalle bestätigt wurde, die sich unter den Auswürflingen finden. Aber wahrscheinlich ist Fluor in den Exhalationen kein regelmäßiger Bestandteil.

Für Temperaturmessungen der Lava war die diesjährige sehr heftige Eruption nicht günstig und muß abgewartet werden, bis wieder kleinere Lavaströme zutage treten, in welchen solche Messungen leichter zu bewerkstelligen sind, wie dies zwischen 1895 und 1898 der Fall war.

Über trockene lawinenartige Massen und Schlammströme beim Ausbruch des Vesuvs berichtet A. Lacroix der Pariser Akademie.[1]) Die trockenen Auswurfsprodukte, Sand, Steine, Blöcke, häuften sich an den Rändern des Kraters und den Abhängen des Kegels und glitten gelegentlich als zerstörende Lawinen hinab. Sie haben an der Oberfläche des Kraterkegels tiefe Rinnen gegraben, die an der Nord- und Nordostseite, d. h. in der Richtung des Atrio del Cavallo und des Valle dell' Inferno förmliche Barrancos darstellen und einen geradlinigen, gleichmäßigen Verlauf zeigen.

Die zerstörenden Schlammströme, wie sie allgemein bei den großen Vesuveruptionen auftreten, entstehen dadurch, daß infolge des Regens die frischen, porösen Stoffe auf den Höhen reichlich Wasser aufsaugen,

[1]) Compt. rend. 1906. **142.** p. 1244 — Naturw. Rundschau 1906 p. 575.

bis sich die ganze Masse in Bewegung setzt und in Form eines dicken Breies oft mit großer Geschwindigkeit in die Täler hinabwälzt, auf ihrem Wege alles mit sich fortreißend. Wenn sie zum Stillstande gekommen ist, wird sie zu einem festen Konglomerate von chaotischer Struktur. Dauert der Regen fort, so folgt der Schlammasse eine Flut von mehr flüssiger Beschaffenheit, die sie zuerst durchfurcht, dann den alten Boden aufreißt und in größerer oder geringerer Entfernung Sedimente in der für Bergströme charakteristischen Schichtung absetzt. Die oben beschriebenen Oberflächenänderungen die durch die trockenen Lawinen erzeugt werden, schaffen für die Bildung solcher Schlammströme die günstigsten Bedingungen. Die Regenwässer folgen dem Wege, den die Lawinen gemacht, und gelangen in den von diesen gebildeten Rinnen zu den am untern Ende der letztern angehäuften Schuttmassen. Ein solcher Schlammstrom bei Ottajano war an seinem Ende etwa 8 *m* breit und 0,75 *m* dick und zeigte nach seinem Festwerden einen sehr regelmäßigen Aufbau, der dem gewisser Lavaströme ähnlich war. Er setzte sich aus Lapilli und feiner Asche zusammen, große Blöcke fehlten. In der Gegend der Somma, wo der Boden ganz mit feiner Asche bedeckt war, bestanden die zuerst auftretenden Schlammströme aus einer Art dicken Schlammes, der sich bei Pomigliano d'Arco in etwa Meterdicke ohne eine Spur von Schichtung ablagerte. Anfang Juni sind an der Stelle, wo sich die untere Station der Drahtseilbahn befand, und wo die Lawinenbreccien die größte Dicke haben, infolge heftiger Regengüsse mächtige Schlammströme entstanden, die in der Richtung auf Resina hinabflossen und auf ihrem Wege um so mehr Verwüstungen anrichteten, als sie zahlreiche große Blöcke der Breccien mitführten.

Versuche mit frisch geflossener Vesuvlava hat Prof. F. Henrich angestellt[1]) und dadurch einen Beitrag zur bessern Kenntnis der Fumarolentätigkeit geliefert. Verfasser hatte Gelegenheit, Ende April oben auf dem Vesuv die Stelle zu sehen, unter der kurz vorher der große Lavaausbruch erfolgt war, und dann am Fuße des Berges die frisch entstandenen Lavafelder bei Torre del' Annunziata und Bosco tre case zu besichtigen. An beiden Orten herrschte starke Fumarolentätigkeit. „Aus Spalten und Ritzen strömten Dämpfe aus, und vor den Augen des Beschauers setzten sich zierliche Sublimate an den Rändern der Lava ab. Oben bildeten sich neben weißen auch fast immer gelb bis orange gefärbte Ausscheidungen; sie bestanden vorzugsweise aus Chloriden der Alkalien und des Eisens. Unten auf dem Lavafelde vor Bosco tre case überwogen die weißen Sublimate (die aus einem Gemische von Chlorammonium und Chlornatrium bestanden) so sehr, daß die gefärbten zu den Seltenheiten gehörten.

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1906. Heft 30.

In den Dämpfen der Fumarolen oben auf dem Berge ließ sich außer Wasserdampf sehr häufig Salzsäure, hier und da auch starker Chlorgeruch wahrnehmen. An einer Stelle roch es auch nach Schwefelwasserstoff, an einer andern nach schwefliger Säure. Unten stiegen meist nur Wasserdämpfe aus der Lava empor, während Salzsäure nur höchst selten und dann in geringer Menge nachzuweisen war; Chlor usw. bemerkte er hier nicht.

Die augenblicklich herrschende Theorie der Fumarolenbildung sagt nun folgendes aus: Wenn das vulkanische Magma (aus dem sich die Lava bildet) den Schlund verläßt, ist es mit überhitzten Gasen und Dämpfen stark imprägniert, gleichsam mechanisch damit übersättigt. Beim Erkalten entweichen diese gelösten Produkte infolge der veränderten Druckverhältnisse. In der Tat lehrt der Augenschein bei frisch zutage tretendem Magma, daß die Grundannahme dieser Theorie durchaus zutrifft, und die sogenannte Blocklava ist besonders in ihren obersten Schichten von den entweichenden Gasen zu schwammartig porösen Gebilden aufgetrieben. Unter den Gasen herrscht Wasserdampf bei weitem vor, dann ist Salzsäure meist beigemengt, und es ist wahrscheinlich, daß auch Chlornatrium- und Dämpfe anderer fester Körper vorhanden sind. Die Dämpfe entweichen zuerst stürmisch, oft explosionsartig, dann allmählich langsamer, um zuletzt völlig auszubleiben. Von dem Stadium an, wo die Ausstoßung der Dämpfe ihren explosiven Charakter verloren hat und ruhig, aber kontinuierlich verläuft, spricht man von Fumarolentätigkeit.

Die Fumarolenprodukte der Lava sind nach allgemein sich wiederfindenden Angaben identisch mit denen, die aus dem Krater kommen.

Die herrschende Theorie setzt somit voraus, daß alle Produkte, die die Fumarolen während ihrer Tätigkeit ausscheiden, von vornherein fertig gebildet im Magma vorhanden (gelöst) sind.

Nun fiel es dem Verfasser bei der Besichtigung der Lavafelder vor Bosco tre case auf, daß an manchen Stellen starke Fumarolentätigkeit, an andern sehr geringe oder gar keine herrschte, obwohl Hitzeverhältnisse, Dicke der Lavaschicht usw. dem Anscheine nach die gleichen waren. So gut wie gar keine Fumarolentätigkeit zeigte Lava, die in einen Eisenbahnhohlweg geraten war und diesen auf eine Strecke hin ausgefüllt hatte. Zahlreiche Fumarolen fanden sich aber dicht daneben, wo ein Tälchen auf etwa einen halben Kilometer Erstreckung von einer Lavaschicht bedeckt war. Warum zeigte die Lava in einem Falle Fumarolentätigkeit, im andern nicht? Im Eisenbahnhohlwege ruhte die heiße Masse auf chaussiertem und deshalb trockenem Untergrunde, im Tale bedeckte sie (nach der Umgebung zu schließen) Vegetation und wohl auch feuchten Boden, denn ein Wasserspiegel war ganz in der Nähe sichtbar. Ohne Zweifel wurde das Wasser des feuchten Untergrundes von der heißen Lava

allmählich verdampft und mußte aufsteigend seinen Weg durch die allseitig zerrissene heiße Lava nehmen. Konnten diese überhitzten Wasserdämpfe nicht die Ursache der Fumarolen sein, indem sie zersetzend auf die Lava wirkten? Die Verhältnisse in der Natur ließen sich leicht im Experimente nachahmen.

Lavastückchen wurden mit Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion gewaschen, getrocknet und in ein Verbrennungsrohr eingefüllt. Nachdem die Lava an den Enden schwächer, in der Mitte stark erhitzt war, leitete Verfasser einen trockenen Luftstrom darüber. Zuerst entwich etwas Wasser, und im Laufe von drei Stunden setzte sich eine sehr geringe Menge weißen Sublimates als bläulichweißer Anflug ab. Das Wasser reagierte mit Silbernitrat nur sehr schwach auf Chlorionen und wurde samt dem Sublimate sorgfältig entfernt. Nun ließ er statt der trockenen feuchte Luft über die heiße Lava streichen, und bereits nach einer halben Stunde waren so merkliche Mengen von Kochsalz fest und in wässeriger Lösung vorn im Verbrennungsrohre vorhanden, daß das Wasser intensiv mit Silbernitrat reagierte. Wie dies Kochsalz entsteht, darüber muß die weitere Untersuchung Aufschluß geben.

Bei einem zweiten Versuche wurde gewaschene Lava zunächst zwei Stunden in trockenem Luftstrome ausgeglüht. Dabei schied sich in der ersten Stunde wieder Wasser und ein wenig weißes Sublimat aus, die entfernt wurden. Nach weiterm, einstündigem Erhitzen erneuerte sich der schwache Hauch weißen Sublimates und wurde wieder entfernt. Drei Stunden war die Lava somit ausgeglüht worden, ohne daß sich eine Spur eisenhaltigen Sublimates gezeigt hätte. Nun ließ Verfasser feuchte, salzsäurehaltige Luft über die glühende Lava streichen, und nach wenigen Minuten begann der aus dem Ofen ragende Teil des Rohres sich mit Eisenchloridkristallen zu beschlagen. Später kamen auch Chlornatriumkristalle. Gleichzeitig trat aber starker Chlorgeruch auf.

Die Bildung der Metallhalogenverbindungen ist leicht zu erklären, nachdem durch obige Versuche festgestellt ist, daß Wasser- und Salzsäuredämpfe auf die Lava zersetzend einwirken.

Das Auftreten von Chlor wird aber nach Versuchen, die Verfasser anstellte, zum kleinsten Teile durch Dissoziation des Eisenchlorides in etwas stärkerm Maße durch den oxydierenden Einfluß der Lava auf die Salzsäure, sehr stark aber durch den oxydierenden Einfluß des Sauerstoffes der Luft hervorgerufen, wobei im letzten Falle vielleicht katalytische Prozesse mitspielen.

„Obwohl diese Versuche noch nicht abgeschlossen sind, so erlauben sie doch, bereits einiges über den Mechanismus der Fumarolentätigkeit auszusagen. Denn der Fall, daß Wasserdämpfe allein oder in Gemeinschaft mit Salzsäure oder auch mit Luft heiße Lava durchstreichen, kommt in der Natur sehr häufig vor. Wasser und Salzsäure können dabei dem vulkanischen Magma entstammen,

der Wasserdampf kann aber auch von der Einwirkung der heißen Lava auf eine feuchte Unterlage herrühren. Die Sublimationsprodukte nun, die sich bei der Fumarolentätigkeit an den Enden der Spalten und Ritze absetzten, waren nicht alle a priori fertig gebildet im Magma vorhanden, sondern entstanden, wenigstens zum Teile, erst durch die Einwirkung von Wasser- und Salzsäuredämpfen auf die Lava. Wirken nur oder fast nur Wasserdämpfe ein, wie im Tälchen vor Bosco tre case, so entstehen nur oder vorzugsweise weiße Sublimate. Ist Salzsäure vorhanden, so müssen sich auch noch eisenhaltige Sublimate bilden. Mischt sich beiden Ingredienzien noch Luft bei, so kann auch starke Bildung von Chlor eintreten.

Nunmehr erscheinen gewisse Beobachtungen, die früher durchaus rätselhaft waren, in einem verständlichern Lichte. So schreibt J. Roth in seinem Werke über den Vesuv: „Bei dem genauern Eingehen auf das Detail der Laven findet man viele nicht vollständig erklärbare Erscheinungen. Dazu gehört namentlich die langsame und reichliche Entwicklung der verschiedenen flüchtigen Stoffe. Einige derselben sind schon bei mäßig hoher Temperatur flüchtig, wie H_2O, HCl und $FeCl_3$, während andere, wie NaCl und KCl, dazu einer viel höhern Temperatur bedürfen. Die einen wie die andern müßten also viel reichlicher bei den eben ergossenen, flüssigen, als bei den schon oberflächlich erstarrten Laven zu sehen sein, und ihre Entwicklung scheint also auch nicht lange anhalten zu können. Die Zähigkeit des Lavateiges könnte wohl für die Verlangsamung und also auch für die längere Dauer der Sublimation eine hinreichende Erklärung bieten. Aber es muß ja auch die Elastizität der Substanzen, die bei 100° oder etwas darüber gasförmig werden, bei der so hohen Temperatur der Lava steigen. Als man Lava von 1767, etwa drei Meilen von ihrer Quelle entfernt, 1844 zum Behufe des Straßenbaues aufbrach, fand man die Spalten derselben mit vielen glänzenden Eisenglanzkristallen überzogen. So weit von ihrer Quelle enthielt die Lava also nicht nur noch Chloreisen, das zu Eisenglanz sich zersetzte, sondern dies hatte sich noch entwickelt, als das Erstarren schon so weit vorgeschritten war, daß sich Spalten bilden konnten.“ Und weiter: „Die Laven des letzten Ausbruches haben wiederum gezeigt, daß die Entwicklung der flüchtigen Stoffe zunimmt, nachdem schon das Erstarren begonnen hat. Das auf die Laven fallende Regenwasser kann nicht die Ursache der vermehrten Dampfentwicklung sein, da diese einesteils nicht mit dem regnerischen Wetter eintrat, und anderseits die nach dem Stillstande der Lava neu entstehenden oder stärker gewordenen Fumarolen entweder gar keinen Wasserdampf oder ihn auch mit andern Stoffen gemischt ausgaben. Vielmehr bestanden die Exhalationen fast ausschließlich aus NaCl und KCl, die zum Flüchtigwerden einer höhern Temperatur bedürfen. Im Fosso della Vetrana und bei der abgetragenen Brücke zwischen S. Sebastiano und Massa di Somma zeigte sich dies am

deutlichsten, und die Exhalationen waren unmittelbar nach dem Erstarren der Lava ungleich schwächer als einen Monat später. Schon oben ist erwähnt, daß an einer Stelle im Fosso della Vetrana eine reichliche Gasentwicklung erst in den letzten Tagen des Juni begann, und diese setzte, als wir sie zuletzt im Anfange November sahen, noch sehr reichlich zierliche Salzausblühungen ab. Wir hatten sie am 25. September mit einem großen Stücke schlackiger Lava bedeckt und fanden dies nach noch nicht zwei Tagen mit einer 8 *mm* starken Salzkruste bedeckt."

Nimmt man an, daß die Lava auf ein feuchtes oder ein durch Regen allmählich feucht werdendes Terrain floß und im ersten Falle noch Salzsäure enthielt, so lassen sich die bisher rätselhaften Erscheinungen als eine Folge sekundärer chemischer Einwirkung von Wasserdampf und Salzsäure auf die Lava ohne weiteres erklären."

Noch bemerkt Verfasser, daß es in manchen von ihm beobachteten Fällen den Anschein hatte, als ob kein Wasserdampf aus Fumarolen entweicht. Als er solche Fumarolen auf Salzsäure prüfte, indem er ein mit Ammoniak gefülltes Fläschchen der Mündung näherte, kondensierten sich stets Wassertropfen an dem kalten Glase.

„Die herrschende Theorie über die Fumarolenbildung wäre somit in folgender Weise zu ergänzen: Bei diesem natürlichen Prozesse findet oft nicht allein eine mechanische Ausstoßung von bereits vorher im Magma vorhandenen Dämpfen von Alkali- und Eisenchloriden statt, sondern diese Chloride bilden sich unter gegebenen Bedingungen erst sekundär durch chemische Einwirkung von Wasserdämpfen und Salzsäuregas auf heiße Lava."

Die Tätigkeit des Stromboli. Der Direktor des Observatoriums zu Messina hat der Pariser Akademie interessante Mitteilungen gemacht über die Vorgänge beim letzten Ausbruche des Stromboli, der so große Verwüstungen angerichtet. Im Februar war der Stromboli sehr ruhig und verriet nur durch eine weiße Rauchsäule die Vorgänge in seinem Innern. Diese Ruhe tritt äußerst selten ein und war um so bemerkenswerter, als der Vesuv zur selben Zeit eine Periode der gesteigerten Tätigkeit durchmachte. Umgekehrt beruhigte sich der Vesuv, als der Stromboli seinen jetzigen Ausbruch vorzubereiten begann. Am 11. Juli schleuderte der Vulkan auf die Liparischen Inseln einige Lagen Steine und große Mengen Asche aus und richtete beträchtlichen Schaden an. Man nimmt an, daß sich alte Krater wieder geöffnet haben; aber es war bisher nicht möglich, diese Annahme durch Beobachtung zu erweisen, da man sich dem Krater nicht nähern konnte.

Der Vulkan Hverfjall auf Island ist von Dr. W. v. Knebel besucht worden.[1]) Dieser große Vulkan erhebt sich als ein ringförmiger

[1]) Globus 88. Nr. 20—24.

Kraterwall von bedeutendem Durchmesser zu der geringen Höhe von nur 150 *m*. Rundum ist der Vulkan von jüngern Laven umgeben. Die Erosion hat sowohl in den äußern, wie auch den innern Wandungen des Kraters sich tiefe Rinnen gegraben, auf denen das den Ringwall aufbauende Gestein gut zu erkennen ist. In der Kraterebene befindet sich Sand, in dessen Mitte ein unbedeutender Tuffhügel sich zu etwa 30 *m* Höhe emporwölbt.

Über den Hverfjall, sagt v. Knebel, hat man sich bisher falsche Vorstellungen gemacht. Preyer und Zirkel haben ihn zuerst abgebildet. Thoroddsen hat deren Zeichnung übernommen. Aber die Zeichnung ist unrichtig; sie ist überhöht. Im Verhältnisse zum Durchmesser des Ringgebirges müßte die Höhe nur etwa halb so groß sein. Auch die Größe der Krateröffnung ist bisher nicht bestimmt gewesen. Nur Thoroddsen ist dagewesen. Da seine Angaben sich aber, wie so oft, widersprechen, so war ihnen nichts zu entnehmen. So wurde einmal der Kraterdurchmesser zu etwa 300 *m* („der Krater hat einen Umfang von beinahe einem Kilometer"), das andere Mal zu 2.5 *km* angegeben. Keine der Angaben ist richtig. Der durch Abschreiten am Kraterrande leicht zu ermittelnde Umfang des Kraters beträgt 4600 Schritt = 4140 *m*; der Durchmesser beträgt demnach etwa 1300 *m*.

Auch eine weitere Angabe bezüglich des Hverfjall beruht auf einem Beobachtungsfehler; sie betrifft die vom Hverfjall ausgeworfenen Massen. Diese bestehen nicht, wie Thoroddsen angibt, aus Lavablöcken, sondern aus zersprengtem Gesteine der in der Tiefe befindlichen Basalte und Tuffe, aber kein einziges Stück Lava ist, wie dies Thoroddsen angibt, von dem Hverfjall ausgeworfen worden. Der Hverfjall ist ein riesenhafter Explosionskrater, wie kein anderer auf Island in gleicher Vollendung auftritt."

Über die Lavavulkane Islands verbreitete sich auf Grund seiner Untersuchungen an Ort und Stelle Dr. W. v. Knebel.[1]) Für den Vulkanismus Islands ist besonders das Überwiegen magnetischer Ereignisse über die vulkanischen Eruptionsprodukte bezeichnend. „Es sind bei den verschiedenen geologisch jüngern Eruptionen gewöhnlich nur Lavamassen aus dem Erdinnern ausgestoßen worden, während vulkanische Tuffe in den meisten Fällen fehlen, in andern aber stark zurücktreten. Nur ausnahmsweise haben auch die neuern Vulkanausbrüche größere Gesteinsmassen in explosiver Weise zutage gefördert und so die Bildung von vulkanischen Tuffen veranlaßt.

Die Lavavulkane Islands zerfallen in zwei Typen: 1. die schildförmigen Lavavulkane, 2. die Lavadeckenergüsse. Die schildförmigen Lavavulkane sind durch eine im allgemeinen recht bedeutende Basisfläche bei einer verhältnismäßig geringen Höhe ausgezeichnet. Sie gleichen also einem liegenden Schilde.

[1]) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Ges., Märzprotokoll 1906.

Die Deckenergüsse unterscheiden sich von den Lavavulkanen von schildförmiger Gestalt dadurch, daß sie nicht den Charakter einer einheitlichen vulkanischen Schöpfung wahren; sie sind keine Berge, sondern schwarze Flächen, aus Lava gebildet, welche als emporquellender dünnflüssiger Brei das Gelände überflutet und sich dabei niemals zu einem Vulkanberge angehäuft hat."

Von schildförmigen Lavavulkanen schildert Verfasser den Lavavulkan Skjaldbreid, eines der größten Gebilde dieser Art. „Der Name Skjaldbreid bedeutet soviel wie „Schildbreit" oder „so breit wie ein Schild" und läßt somit erkennen, daß schon die alten Wikinge, die Island besiedelten, die Ähnlichkeit des Berges mit einem Schilde herausgefunden hatten.

Die Basis des Skjaldbreid hat etwa 12 *km* im Durchmesser, und der Gipfel erhebt sich um 330 *m* über seine Umgebung. Die Masse des Berges beträgt also bei einer Grundfläche von ca. 100 *qkm* und einer Höhe von 330 *m* etwa 12 *cbkm*.

Diese gesamte ungeheure Masse des Berges besteht aus Lava. Das geschmolzene Magma ist hier völlig ruhig ohne explosive Begleiterscheinungen von den vulkanischen Kräften emporgehoben worden. Was für eine Kraft gehört dazu, eine Masse zu heben, deren Gewicht nicht weniger als 600 000 Millionen Zentner beträgt.

Die Oberfläche des Berges ist ungemein rauh. Viele Tausende von Lavahügeln und Höckern erschweren den Aufstieg und verhüllen nahezu andauernd den Anblick des Gipfels.

Die Lavavulkane dieser Art sind in ihrem innern Aufbaue meist nicht zu erkennen. Nur da, wo Erdbebenspalten oder größere anderweitige Risse die Lava durchsetzen, da kann man einen etwas tiefern Einblick erhalten. Wie sich in diesem Falle erwiesen hat, besteht die Lava im Innern des Berges aus einer großen Anzahl von einzelnen Bänken. Jede einzelne Bank würde nach der bisherigen Auffassung einem besondern Ergusse entsprechen. Die Mächtigkeit dieser Lavaschichten beträgt indessen oft nur wenige Handspannen, ja sogar gelegentlich nur einige Zentimeter. Ergüsse dieser Art können sich nun unmöglich über die Berggehänge von derartig großen Dimensionen ausgebreitet haben. Die Unebenheiten der Lavaoberfläche hätten dies unbedingt verhindern müssen."

Mit der bisherigen Erklärung dieser Vulkane durch allmähliche Aufschüttung immer neuer Lavadecken stößt man also auf beträchtliche Schwierigkeiten, und Verfasser gibt dafür eine andere.

Nach seiner Auffassung ist der ganze Vulkan das Produkt eines einzigen gewaltigen vulkanischen Ergusses, welcher sich, wie ein durch eine Öffnung (den Eruptionskanal) gepreßter Brei ausgebreitet hat. Hierbei ist zuerst die Oberfläche erstarrt. Unter dieser verfestigten Masse bewegte sich das noch glutflüssige Magma weiter, bis auch dessen oberer Teil erstarrte. Es legte sich dann unter



Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Jahrbuch XVII, 1906.
Tafel IV.

Straße in Torre del Greco nach dem Aschenregen.

die erste Erstarrungsrinde des Vulkanes eine zweite Lavaschicht. Auf gleiche Weise unter diese eine dritte usw.

Die Schichtung der Lava wird dieser Auffassung nach also in der Tiefe unter einer bereits verfestigten Erstarrungskruste hervorgebracht. Als Ursache dieser Schichtung nehme ich die Bewegungen an, welche in dem noch flüssigen Teile vor sich gehen, die aber an den sich abkühlenden Außenflächen durch die Erstarrung des Magmas gehemmt werden.

Da das Magma in der Tiefe noch lange Zeit beweglich ist, kann der Fall eintreten, daß dieses an den Flanken oder der Basis des Berges von neuem hervorbricht. Dann entstehen große Hohlräume im Innern des Vulkanes. Stürzen diese ein, so entstehen große Einbruchskessel. Solche hat Verfasser namentlich schön an dem Lavavulkane nördlich vom Hvítárvatn am Rande des Lang-Jökull beobachtet. Die Kessel waren etwa 100 *m* tief und hatten einen Durchmesser von mehrern hundert Metern. Vier Gebilde dieser Art konnte er am Südabhange dieses Lavavulkanes feststellen. Gleiche Einsturzkessel finden sich am Lavavulkane Stóra Víti im Norden Islands. „Die Entstehung solcher Einsturzkessel," sagt Verfasser, „ist mit der bisherigen Erklärung von der Entstehung der Lavavulkane nicht in Einklang zu bringen. Wenn sich Lavadecke über Lavadecke absetzt, so können keine Hohlräume entstehen, durch deren Einsturz diese Kessel sich bilden können.

Seine Auffassung rekapituliert Verfasser wie folgt: Ein gewaltiger vulkanischer Ausbruch förderte die gesamte Masse zutage, welche den Lavavulkan aufbaut. Unter der ersten großen Erstarrungskruste dieses gewaltigen emporgepreßten Lavakuchens bildeten sich infolge der Bewegungen in dem noch glutflüssigen Teile des Magmas die Schichten. Durch Austreten großer Teile von Lava aus der Basis oder den Gehängen des Berges bildeten sich jene oben genannten Einsturzkegel.

Die Krater dieser Vulkane liegen nach dieser Erklärungsweise unter der gesamten Masse der Vulkane begraben. Die Berge selbst besitzen keinen Krater."

Die Lavadeckenergüsse kommen auf Island noch weit häufiger vor als die Form der schildartig gestalteten Lavavulkane. Sie sind meist sehr viel unbedeutender. Die aus irgend einer Stelle hervorquellende Lava breitet sich aus, aber ohne daß gleichzeitig einer jener kuchenartig gestalteten Schildvulkane entstünde.

Die Ursache für dies verschiedenartige Verhalten der Lavamassen bei den Schildvulkanen und den Deckenergüssen führt Verfasser auf verschiedene Umstände zurück; erstens ist die hervorquellende Masse bei den Deckenergüssen im allgemeinen wohl geringer, zweitens ist das Magma bei weitem dünnflüssiger, so daß es sich sofort ausbreitet. Als dritter Umstand kommt hinzu, daß wohl die meisten der Lavadeckenergüsse nicht wie jene Lavaschilde

einer einzigen Eruptionsstelle entstammen, sondern von einer ganzen Spalte, die sich öffnete, ausgegossen wurden.

Diese Lavavulkane stehen demnach in Zusammenhang mit Spalten. Über den Spalten haben sich vielfach Krater gebildet, welche in einer Reihe angeordnet sind.

Die Masse der emporgedrängten Lava ist bei den Deckenergüssen keine so bedeutende, wie bei den Lavaschilden, gleichwohl sind es des öftern auch ganz ungeheure Mengen. So hat Helland das Volumen der Lavamassen, welche die Spalte der Laki im Jahre 1783 ausstieß, auf 12 320 Millionen Kubikmeter berechnet.

Die Lavamasse der Sveinagja in Mývatns Öraefi (v. Jahre 1875) wird von Thoroddsen auf 300 Millionen Kubikmeter veranschlagt.

Sind diese Schätzungen auch nur ganz ungefähre, so geben sie doch einen Begriff von der Masse, die der Vulkanismus auf diese Weise zutage fördern kann.

„Ein Verständnis der vulkanischen Wirksamkeit," sagt Verfasser, „liefern diese einzelnen Deckenergüsse, für sich betrachtet, nicht, vielmehr tut dies nur ihre Gesamtheit. Sind doch nur selten derartige Ergüsse isoliert erfolgt, meistens sind sie mit andern geschart. In der Nachbarschaft eines Deckenergusses hat sich ein zweiter gebildet usw. Auf diese Weise sind jene gewaltigen Lavafelder entstanden, welche sich einerseits im Südwesten der Insel, anderseits im Norden und Osten derselben nördlich vom Vatna (Jökull) finden."

v. Knebel behandelt eingehender das Lavafeld im Südwesten, welches sich fast ohne Unterbrechungen vom Lavavulkane Skjaldbreid aus zum Kap Reykjanes, der südwestlichen Spitze Islands, erstreckt.

Diese gesamte Lavafläche (er nennt sie das Lavafeld von Reykjanes) nimmt ein Areal von etwa 2300 *qkm* ein. Die gesamte Masse der in geologisch jüngster Zeit emporgequollenen Lava besitzt ein Volumen von etwa 100 *ckm*.

Der Vorgang, welcher einen jeden der Deckenergüsse erzeugt, deren Gesamtheit ein solches Lavafeld bildet, ist dadurch charakterisiert, daß sich eine Spalte in der Erdkruste öffnet, welcher die emporgequollene Lava entströmt. Diese Ergußspalte kann nun eine wirkliche präexistierende Spalte sein, welche sich von neuem öffnet.

Der Vulkanismus kann sich aber auch eine solche schaffen, er ist in solchem Falle nicht tektonisch bestimmt, sondern im Gegenteile, tektonisch bestimmend.

Viele der Deckenlavaergüsse sind übrigens seiner Ansicht nach überhaupt nicht von Spalten ausgegangen; wenigstens deutet die Lage der Kratere nicht das Vorhandensein einer solchen an.

Weiter wendet sich Verfasser zur Betrachtung des Untergrundes der isländischen Vulkane. „Die ältesten Gesteine Islands sind tertiäre Basalte, welche einen aus Hunderten von Basaltdecken

aufgebauten Schichtenkomplex darstellen. Dieses basaltische Tafelland ist ein Teil der von Sir Archibald Geikie als regionale Basaltformation bezeichneten Masse, welche nicht nur Island, sondern auch Teile von Ostgrönland, ferner die Färöer und Teile von Schottland und Irland aufbaut. Überall zeigt diese regionale Basaltformation den gleichen Habitus und das gleiche geologische Alter, so daß an ihrer Einheitlichkeit kein Zweifel bestehen kann, wenn wir auch in den genannten Ländern und Inseln nur Teile dieser gewaltigen eruptiven Masse erblicken. Diese sichtbaren Landmassen erscheinen eben gegenüber der unter dem Meeresspiegel befindlichen übrigen Masse gehoben.

Die Mächtigkeit der regionalen Basaltformation wird von Keilhack auf 3000 bis 4000 *m* geschätzt. Man kann eine solche Mächtigkeit aus der Neigung der Basaltschichten berechnen, welche man in den tief in das Land (in der Richtung des Einfallens) eingeschnittenen Nordfjorden Islands beobachten kann.

Ein solches Gebilde kann man nach v. Knebel mit Stübels Panzerdecke der Erde vergleichen.

Während aber die Panzerdecke allumfassend zu denken ist, ist diese nordatlantische Tertiärpanzerung lokalisiert, wenngleich immerhin von ungeheurer Ausbreitung.

Innerhalb des Gebietes der regionalen Basaltformation ist der Vulkanismus nur noch auf Island wirksam, und zwar — geologisch gesprochen — ununterbrochen seit Abschluß jener Zeit, in welcher die Basaltformation gebildet wurde.

Auf Island sind diesen Basaltergüssen vulkanische Explosionen gefolgt, welche namentlich in den mittlern Teilen des Landes große Massen vulkanischen Tuffes über den Basalten ausgeworfen haben. Diese Breccienformation, welche unter dem Namen Palagonitformation bekannt ist, erreicht stellenweise eine Mächtigkeit von 1000 *m*; gewöhnlich aber ist sie nur einige hundert Meter mächtig.

Innerhalb der Palagonitformation kommen auch zahlreiche Deckenergußgesteine vor, deren Menge aber gegenüber jener der Breccien zurücktritt. Die Palagonitformation ist diluvialen Alters, wie zahlreiche glaziale Einlagerungen, die von Helgi Pjetursson und vom Verfasser beobachtet wurden, auf das deutlichste beweisen.

Die vulkanischen Breccien Islands könnten uns nun den Aufschluß darüber geben, welche Gesteine in der Tiefe verborgen sind. Denn die vulkanischen Explosionen, welche die Erdkruste zersprengt haben, mußten doch die Stücke derselben emporschleudern, so daß sie im Tuffe eingebettet uns erhalten bleiben mußten.

Nun haben sich aber keine ältern Gesteine gefunden, als die Basalte. Und die wenigen Stücke von diabas- und gabbroartigem Aussehen, welche gelegentlich gefunden wurden, stellen nicht, wie man früher vermutete, Stücke eines ältern Grundgebirges dar, sondern es sind Teile der Tiefenfazies junger Ergußgesteine.

Jedenfalls aber hat der Vulkanismus nirgends Gesteine zutage gefördert, welche bewiesenermaßen einer tiefern Zone entstammen, als der Basaltformation.

Wir glauben darum, den Sitz des isländischen Vulkanismus in den tiefern Zonen der dortigen regionalen Basaltformation und nicht in noch größerer Tiefe suchen zu müssen."

Schließlich kommt v. Knebel zu dem Ergebnisse, daß gerade die isländischen Vulkane unabhängig von Spalten sind, denn die Spalten erweisen sich dort als eine tektonische Folge und nicht als eine Ursache des Vulkanismus.

Die vulkanischen Vorgänge in Niederländisch-Ostindien waren im Jahre 1905 nur gering. Nach den Angaben des Meteorologischen Observatoriums in Batavia[1]) beschränkten sie sich auf folgendes:

Der Vulkan Sneroe in Ostjava ließ anfangs August Detonationen vernehmen, die von Feuererscheinungen im Krater und Aschenregen begleitet waren.

Der Vulkan Roeung (Sangiinseln) verursachte am 21. und 22. Mai Detonationen und in der nächsten Nacht Bodenerschütterungen, auch stürzte damals ein Wasserstrom vom Gipfel des Vulkanes. Bis Ende Mai wiederholten sich die Bodenerschütterungen in der Umgebung des Vulkanes mehrmals.

Der Vulkan Siaum hatte in der Nacht vom 21. zum 22. Mai einen Aschenauswurf.

Der im Sommer 1905 auf Savaii neuentstandene Vulkan ist von Dr. F. Linke bestiegen worden.[2]) „Der Aufstieg geschah an der Westseite des Lavafeldes. Es wurde festgestellt, daß die Lavawand nur noch 7 *km* von der Küste entfernt ist. Ein im Flußtale Matavanu vorgeschobener schmaler Strom ist Paia sogar schon bis auf $3^1/_2$ *km* nahe. Jedoch war hier alles erkaltet, wie überhaupt an der ganzen Westseite des Lavafeldes.

Der Krater war in voller Tätigkeit; seine Wand hatte sich an der Südost- und Westseite erhöht, die Nordseite war eingestürzt. Nach Nordosten gingen Lavaströme aus, die diesmal teilweise aus der Lücke der Kraterwand flossen, aber auch besondere Ausflußstellen im Nordosten des Kraters hatten. Nachts war die Tätigkeit besonders heftig; nach Sonnenaufgang hörte sie fast ganz auf, so daß man sich auf dem Lavafelde dem Kraterrande von seiner offenen Seite her nähern konnte.

Das Innere bot kein besonderes Interesse, da die Mündungen der vulkanischen Gänge durch die herabfallenden Auswurfsmassen bedeckt waren. Jedoch hatte Dr. Linke von hier oben einen guten

---

[1]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned. Indii. **66**. afl. 3 en 4 Weltevreden 1906.

[2]) Deutsches Kolonialblatt 1906, p. 17.

Blick über das gesamte Lavafeld, das ich auf 15 bis 20 *qkm* schätzte. In der letzten Zeit hatte die Lava besonders nach Nordosten Fortschritte gemacht und dort die Eingeborenenpflanzungen von Matauta und Saleaula vernichtet. Da die Täler und Niederungen meist die fruchtbarsten Gegenden sind, die Lava aber in den Flußbetten herabkommt und die Niederungen zuerst ausfüllt, werden naturgemäß die Pflanzungen zuerst betroffen."

Der vulkanische Ausbruch auf Savaii 1905. Ein deutscher Ansiedler schreibt darüber: Die vulkanische Tätigkeit begann am 28. Juli mit einer Reihe teilweise recht heftiger Erdbeben, die sich auf drei Tage verteilten und mich bewogen, einige Nächte außerhalb meines Steinhauses in einem Schuppen zu schlafen. Allgemein erwartete man einen neuen Ausbruch des 1902 entstandenen Kraters, doch geschah nichts dergleichen. Die Erdstöße wiederholten sich zunächst nicht mehr, abgesehen von den geringen Erschütterungen, wie sie hier zu den fast alltäglichen Erscheinungen gerechnet werden. Ich war daher nicht wenig überrascht, als mir am 5. August zwei meiner Arbeiter die Mitteilung machten, daß sie sich fürchteten, weiter auf meiner Pflanzung zu bleiben, da ganz in der Nähe, in der vorhergehenden Nacht gegen 11 Uhr ein neuer Krater entstanden sei, dessen Getöse und Feuerschein ihnen jeden Schlaf unmöglich gemacht hätte. Sofort machte ich mich nach der von meiner Pflanzung Vaipouli eine Stunde entfernten Stelle auf. Der neue Vulkan liegt südlich der Ortschaft Matautu, nicht auf dem Zentralgebirgsstocke, sondern nur einige hundert Meter hoch am Beginne der Vorberge. Der Krater selbst befindet sich in einem großen Tale, von den Samoanern Matavanu genannt, das sich westlich in der Richtung auf das Dorf Safotu erstreckt. Nach einer Woche erhob sich der Krater schon bedeutend über die vorliegenden Hügelketten. Die mächtigen Flammen, in denen mit dem Glase deutlich die ausgeworfenen Steine zu erkennen waren, und die rotbeleuchteten dunklen Rauchwolken gaben ein prächtiges Schauspiel. Zum Krater zu gelangen, glückte uns das erste Mal nicht; es war äußerst heiß, und ich hatte kein Wasser mitgenommen. Erst am 9. August drang ich mit Freunden bis dahin vor, d. h. so nahe man noch ohne Gefahr vordringen konnte. Der Aufstieg ging von Matautu aus an Vaipouli vorbei durch die Pflanzungen der Europäer und Halbweißen zunächst auf den öffentlichen fahrbaren Straßen, später in deren Verlängerung, ohne unangenehme Steigungen langsam bergan. Die ersten anderthalb Stunden legte ich zu Pferde zurück; an einer geeigneten Stelle band ich das Tier an und setzte meinen Weg zu Fuß fort. Nach einer weitern Stunde hatten wir den Anfang des östlichen Lavastromes erreicht, der sich langsam, aber stetig in Länge und Breite ausdehnte. Die Hauptmasse dieser Lava besteht aus großen rotbraunen oder gelbbraunen Steinen. Noch etwas weiter oberhalb hat die Lava das

Tal bereits ausgefüllt und beginnt, den trennenden Rücken zum Nebentale zu überfluten. Das ist die unangenehmste Wegstrecke, da die Straße der vorrückenden Masse wegen fast stündlich verlegt werden muß; so war unser Hinweg bereits bei der Rückkehr stellenweise verschwunden, obgleich kaum eine Stunde vergangen war. Je näher man dem Krater kommt, um so tiefer und grobkörniger wird die Schicht der tiefschwarzen Asche. Kleine Bäume werden von der fortschreitenden Lavamasse einfach umgedrückt, die Urwaldriesen aber werden stehend umschlossen, brennen langsam ab und stürzen mit noch grüner Krone um, allmählich langsam verkohlend. Der Krater macht zunächst den Eindruck von drei verschiedenen Bergen; das rührt daher, daß der Rand von Lavaströmen durchbrochen ist. Die beiden mächtigsten Ströme gehen nach Westen und nach Osten. Der östliche Strom gabelt sich später, sein längster Arm ist etwa $2^1/_2$ *km* lang, seine Breite beträgt stellenweise mehrere hundert Meter. Sollte er in derselben Weise wie bisher weiterfließen, so dürfte er in einem Monate das Meer etwa bei Lealatele erreichen. Der westliche Lavastrom ist bereits bedeutend weiter zur Küste vorgedrungen, er bedroht zurzeit die Pflanzungen der Ortschaft Lafotu und wird wahrscheinlich in der Nähe dieses Ortes zur Küste gelangen, falls der Ausbruch andauert. Der Vulkan arbeitet mit der Gleichmäßigkeit einer guten Maschine; die einzelnen Ausbrüche folgen sich in ganz kurzen Zwischenräumen unter einem Geräusche, das von ferne der Brandung des Meeres gleicht, in der Nähe an das Geräusch der großen Förder- oder Pumpmaschinen eines Bergwerkes erinnert, nur etwas lauter. Erst in den letzten zwei Tagen geht das Geräusch zuweilen in Donner über, wobei eine schmale lange Stichflamme aus dem Krater bricht.

Über die Entstehungsweise der Calderen verbreitete sich W. v. Knebel[1]) gelegentlich einer Schilderung der Caldera von Palma (Caldera de Taburiente). Das Calderaproblem tauchte zuerst bei Leopold v. Buch auf, als derselbe die Insel Palma besucht hatte. Er kam zu der Überzeugung, daß wir in dem Calderagebirge eine blasenförmige Auftreibung der Erde, also einen Erhebungskrater hätten, dessen zentraler Teil zusammengebrochen oder durch gewaltige Explosionen herausgeschleudert sei. Das ganze Gebirge von Palma wäre also nach dessen Aufschüttung infolge vulkanischer Eruptionen durch jene mutmaßlichen Erhebungen emporgewölbt.

„Die Buch-Humboldtsche Theorie der Erhebungskrater hat sich späterhin in ihrer Allgemeinheit, und zwar besonders im Hinblicke auf das phantastische Beiwerk, mit dem sie ausgestattet war, als irrig erwiesen, und in den Kanarischen Inseln, jenem klassischen Gebiete der Erhebungskrater, wurde von Hartung, Reiß und

[1]) Globus 1906. **90**. Nr. 20.

v. Fritsch der Versuch gemacht, darzutun, daß die Calderen keine Erhebungskrater sind.

Die Studien auf den andern Inseln des kanarischen Archipels führten ebenfalls zu dem Ergebnisse, daß die in ihnen vorhandenen Calderabildungen alle miteinander keine Erhebungskrater wären. Sowohl die Caldera des Pik von Teneriffa als die Calderen der Tirajana und Tejeda in Canaria werden als Produkte der Erosion geschildert, und ihre vulkanische Entstehung wird abgeleugnet.

In andern Ländern aber ist seit jenen Jahren die Kenntnis des Vulkanismus fortgeschritten. Man fand die große Häufigkeit von Calderabildungen in allen Vulkandistrikten, und man lernte allmählich gewaltige vulkanische Paroxismen kennen, die Gebilde schufen, die durchaus ähnlich den Calderen sind. Die Ansicht von Hartung, Reiß und andern, daß die Calderen lediglich Erosionsgebilde seien, hat sich infolgedessen niemals völlige Anerkennung geschaffen, und in den meisten Lehrbüchern der Geologie und Geographie wird auch die Caldera von Palma als ein vulkanisches Gebilde bezeichnet."

Die Frage ist nur, ob wir in den Calderen Erosionsgebilde, Erhebungskrater oder Explosionskrater zu erblicken haben. Letzteres ist nach v. Knebel bei der Caldera von Palma völlig ausgeschlossen, er trägt auch Bedenken, die Erosion als alleinigen Faktor gelten zu lassen. Seine Auffassung über die Entstehung der Caldera geht dahin, daß zwei Kräfte zu unterscheiden sind, nämlich erstens die vulkanischen Kräfte, welche die Tiefengesteine emporgetrieben, und zweitens die abtragenden Kräfte, welche die infolge Auftriebes erschütterten und zersprengten Gesteinsmassen hinweggeführt haben.

„Ich kann nicht umhin, auszusprechen," sagt v. Knebel, „daß das Ergebnis meiner Studien im Grunde genommen genau das gleiche ist wie das, zu dem vor fast einem Jahrhunderte Leopold v. Buch gelangte. v. Buch nahm an, daß vulkanische Gasmassen die Schichten aufgewölbt haben. Ich nehme an, daß diese Aufwölbung infolge einer Masse entstanden ist, die durch vulkanische Kräfte emporgedrückt wurde. Nach dem heutigen Stande unserer Wissenschaft wird man allerdings wohl kaum mehr annehmen dürfen, daß vulkanische Gase derartige Auftreibungen der Erdrinde zustande bringen könnten. Gasmassen, so sollte man meinen, würden die Erdrinde, sobald sie geborsten oder erschüttert ist, einfach durchbrechen. Anders aber steht es mit vulkanischen Magmamassen. Der vulkanische Schmelzfluß ist, wie zuerst Gilbert in den Henry Mountains in Nordamerika nachwies, sehr wohl imstande, in die feste Erdrinde sich einzupressen und, ohne an die Oberfläche zu gelangen, große Schichtenmassen emporzuwölben; solche Gesteinsmassen, die in dieser Weise in der festen Erdkruste erstarrt sind, hat Gilbert mit dem treffenden Namen Lakkolithe (Gewölbesteine) bezeichnet. Solche Lakkolithe hat man seitdem in andern Teilen Amerikas, ferner

in Europa und andern Gebieten aufgefunden oder auf ihr Vorhandensein mit ziemlicher Sicherheit schließen können.

Die Lehre von den Erhebungskratern Leopold v. Buchs ist also, nachdem sie für völlig erledigt gehalten wurde, in etwas anderer Form — d. h. ohne das phantastische Beiwerk, mit dem die ersten Vertreter dieser Lehre sie ausschmückten — wieder auferstanden. Nur hat man gefunden, daß die Hebung der echten Erhebungskrater durch empordrängenden Schmelzfluß entstanden ist."

Schließlich bemerkt v. Knebel: „Das Problem der Calderaentstehung ist zu einem gewissen Abschlusse gelangt. Wir können nur mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit den Wert der einzelnen Theorien abwägen. Dies aber müssen wir wohl festhalten, daß wir kaum berechtigt sind, aus der Entstehungsart der Caldera von Palma Schlüsse zu ziehen auf die Entstehungsweise der Calderen in den übrigen Teilen der Erde. Scheinen doch selbst, wie meine Studien gezeigt haben, die Calderen des kanarischen Archipels, teilweise wenigstens, verschiedener Entstehung zu sein. Ferner ist die vulkanische Entstehungsart wohl zweifellos. Wie sollten denn die Calderen sonst nur in den Zentren großer vulkanischer Gebirge auftreten?"

Den Felszahn des Mont Pelé und die Verhältnisse des Vulkanes im Februar 1906 bespricht Prof. A. Heilprin auf Grund seines Besuches in „Science" vom 6. Juli d. J. Die Zweifel, die über Bildung und Charakter der den großen Pelémonolithen bildenden Gesteinsmasse herrschten, können nach Heilprin jetzt für beseitigt gelten. Auch hat eine vielmonatige Ruhezeit des Vulkanes bewirkt, daß man ihn jetzt leichter untersuchen kann. Der Peléobelisk besteht nur in seiner Grundruine, dem schartigen Helme, der noch in teilweise getrennter Verbindung aus dem Gipfel des stützenden Domes heraustritt, und in einer Wildnis von Trümmern aus kleinen und großen Bruchstücken, die einen Teil der Oberfläche des Domes bedeckt und einen beträchtlichen Teil der umgebenden Höhlung (rainure) ausfüllt, welche den Dom vom Walle des alten Kraterbassins trennt. Heilprin kam am 27. Februar d. J. nach einem ungewöhnlich leichten Aufstiege auf den Boden des alten Kraters, indem er über den scharfen Rand des nordöstlichen Walles kletterte, und war bald unter den Blockmassen des zerstörten Obelisken. Bruchstücke von 1 *m*, aber auch solche von 3 bis 8 *m* Durchmesser lagen überall umher und zeigten dieselbe Zusammensetzung. Das Gestein ist ein fester lichtgrauer und ganz kristallinischer Hypersthenandesit, ohne Blasen und ohne jede blasige oder obsidianähnliche Struktur und mit feinkörniger Basis. Es scheint zu Lacroix' Typus IV (quarzitische Andesite) der vom Vulkane ausgeworfenen Massen zu gehören. Es kann allerdings sein, daß in jetzt überdeckten und nicht mehr zugänglichen Trümmerteilen Bruchstücke von mehr oder weniger

blasiger oder schlackiger Natur vorkommen. Über die Blöcke hinwegsteigend, erreichte Heilprin eine beträchtliche Höhe am Dome selbst und passierte eine Anzahl von Fumarolenöffnungen mit noch recht lebhafter Rauchentwicklung. Häufchen winzigen Farnkrautes beginnen über ihnen zu wachsen. Die teilweise freien Lavaflüsse, die als Rippenbildungen in die Masse des Domes eindringen, scheinen ebenfalls fester Andesit zu sein. Der Ton der fallenden Massen, der mit dem beim Brechen von Glas und Porzellan entstehenden verglichen worden ist, während den Massen ein möglicherweise blasige Struktur zugeschrieben wurde, geht von dem kompakten Andesite aus. Bezüglich des Ursprunges und der Bildungsart des herausgepreßten Andesitmonoliths hält Heilprin an seiner alten Ansicht fest, wonach jener einen alten Pfropfen oder Kern darstellte, der nach Art der Riesengranitmasse des Puy Chopine der Auvergne emporgehoben war. Zum Schlusse bemerkt Heilprin, daß entgegen anders lautenden Meldungen, der Pelé zu Beginn dieses Jahres nicht in Tätigkeit und bei den Erdbeben auf Santa-Lucia und Martinique am 16. Februar nicht beteiligt war. Der Dom stößt in seinen obern Teilen noch in ruhiger Weise Dampf aus.[1])

Ursprung und Herd der vulkanischen Kraft. Nach A. Stübels Tode hat sich in seinem Nachlasse eine große Arbeit vorgefunden, in der er seine Anschauungen nochmals begründet, und die nunmehr als dritter Teil des großen Werkes: „Die Vulkanberge von Colombia“, durch Theodor Wolf veröffentlicht wurde. Hier gibt Stübel die letzte Darstellung einer Vulkantheorie.

Nach Stübels Annahme bildete sich in der frühesten Zeit der Erde an deren Oberfläche eine Erstarrungskruste, die von Eruptivergüssen immer wieder durchbrochen, schließlich doch zu einer dicken, festen Gesteinsschale anwuchs, welche er „Panzerdecke“ nennt. Sie schloß das Äußere von dem Innern der Erde ab, allein in dieser mächtigen Panzerdecke blieben von den Ausbrüchen des Innern große, abgeschlossene Herde glühendflüssiger Materie zurück, die sich als solche durch Millionen von Jahren erhalten konnten. Sie oder noch beschränktere, von ihnen mit glühendflüssigem Materiale versehene peripherische Herde sind die Quelle der vulkanischen Glutprodukte. Die Ergießung glutflüssigen Magmas ist der Zweck der Eruptionen, und die Energie, welche wir als vulkanische Kraft bezeichnen, ist das Eruptivbestreben des erkaltenden Magmas. Der äußere Effekt der Eruption wird ein um so gewaltigerer sein, je größer der Widerstand ist, den die über dem Herde lastenden Gesteinsschichten dem Durchbruche der glutflüssigen Massen entgegenstellen. Je größer also das Volumen, und je größer die Spannung innerhalb der Füllmasse eines Herdes ist, um so größer wird auch das mit einem Male zutage geförderte Quantum des glutflüssigen Magmas sein, um so umfänglicher und höher wird ein vulkanischer Berg ausfallen, der an der Erdoberfläche zur Aufstauung und Aufschüttung gelangt, und an dem Aufschüttungsmateriale werden auch einen nicht unbeträchtlichen Anteil die toten Gesteinsmassen nehmen, die sich im Ausbruchsschachte angehäuft hatten.

Die Vulkane selbst teilt Stübel in monogene und polygene. „Es gibt,“ sagt er, „vulkanische Herde, die den Gleichgewichtszustand ihres glutflüssigen

[1]) Globus 1906. p. 163.

Inhaltes durch einen einzigen Ausbruch auf immer wieder erlangten, so daß die oberirdischen Baue, die für ehemalige Eruptionszentren bis auf den heutigen Tag Zeugnis ablegen, für alle spätere Zeit außer Tätigkeit gesetzt blieben und stets bleiben werden. Daher die große Zahl erloschener Vulkanberge von allen Dimensionen. Die Schöpfungen dieser Herde sind die monogenen Baue der vulkanischen Kräfte. Daß es solche geben muß, ist a priori anzunehmen, man hat sie in kleinem Maßstabe sogar in geschichtlicher Zeit entstehen sehen; es fragt sich nur, bis zu welcher Größe solche monogene Baue aufgeführt werden konnten. Wir sind der Meinung, daß gerade die umfänglichsten aller Vulkanberge, wenn auch nicht immer die höchsten, auf diese Art gebildet worden sind. Nur darf nicht übersehen werden, daß ein solcher Bau, nachdem er vollendet war, Jahrhunderte, ja vielleicht Jahrtausende lang die Rolle eines tätigen Vulkanes gespielt hat, ohne jedoch dadurch noch wesentlich an Höhe und Umfang zu gewinnen, und daß die Masse des Berges selbst einem langsamen Erkaltungsprozesse unterworfen war, der lokale Ausbruchserscheinungen, zeitigte, an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche Lavaströme ergoß und Eruptionskegel aufwarf, die aber mit dem ursprünglichen Tiefenherde des Berges nicht in direkter Verbindung standen.

Es gibt aber auch solche vulkanischen Herde, in denen sich das gestörte Gleichgewicht der in ihnen aufgespeicherten Schmelzmassen erst durch einen zweiten, von dem ersten zeitlich weit abliegenden Ausbruche wieder herstellt und erst dann auf immer erhalten bleibt. — Wenn sich infolge des zweiten Ausbruches gleichfalls ein bergartiger Bau bildet, so wird dieser auf oder auch neben den der ersten Eruption zu stehen kommen, und nur ausnahmsweise dürfte der erste Bau durch das Material des zweiten Ausbruches in seiner Anlage so ergänzt werden, daß eine scharfe Unterscheidung der Schöpfungen beider Ausbruchsepochen nicht mehr möglich wäre. Häufig aber beschränkt sich auch das zweite große Wiedererwachen eines Herdes lediglich auf die Ergießung massiger Lavaströme."

Die polygenen Vulkanberge charakterisieren sich durch intermittierende Tätigkeit mittels eines Kommunikationsschachtes, durch welchen schon sehr geringfügige Vorgänge im Herde zur Tätigkeit an der Oberfläche führen.

„Vulkanische Herde die ihre Erschöpfbarkeit durch einen einzigen, überaus gewaltigen Ausbruch bekundet haben und nachher allenfalls nur noch einige relativ geringe Äußerungen ihrer ersterbenden Kraft gaben, sind unter den sogenannten erloschenen Vulkanbergen in großer Zahl vorhanden, und zu ihnen gehören gerade auch die in ihren Dimensionen bedeutendsten Baue der vulkanischen Kräfte, welche die Erdoberfläche in den Hochländern von Süd- und Mittelamerika, auf manchen der atlantischen Inseln und in vielen andern Gegenden aufzuweisen hat. Die äußern Formen dieser monogenen Vulkanberge gestalten sich aufs mannigfaltigste.

Vulkanische Herde, die in ihren oberirdischen Bauen eine zweimalige Ausbruchsperiode erkennen lassen, gibt es vielleicht in noch weit größerer Zahl, und am beachtenswertesten sind unter ihnen jedenfalls diejenigen, welche bei dem zweiten Erwachen der vulkanischen Kräfte nicht nur Lavaströme ergossen, sondern aus ihren Eruptionsprodukten neue Berge errichteten. Zu den vulkanischen Schöpfungen dieser Art gehört vor allem die typische Verbindung von zwei Bergen, wie wir sie im Vesuv und Somma kennen, und die sich in auffallender Übereinstimmung in andern vulkanischen Gebieten bald mehr, bald weniger ausgeprägt wiederholt, z. B. in der Rocca Monfina, auf der Insel Fogo, auf Teneriffa, am Vulkane von Pasto in Colombia, am Mojanda in Ecuador, in Santorin und selbst am Ätna nicht fehlt.

Die Mannigfaltigkeit der Formen in den Bauen, die der ersten Tätigkeitsperiode der vulkanischen Herde entstammen, ist eine überaus große. An dem einen Ende der Reihe steht der mit geringem Neigungswinkel ansteigende, vielleicht kraterlose Kegelberg, an dem andern der Berg mit weiter, kesselförmiger Vertiefung (mit der in Form und Umfang so wechselnden Caldera),

und zwischen beiden stehen Berge, die sich bald dem einen, bald dem andern Typus nähern.

Aber fast noch unerschöpflicher in ihrer äußern Gestaltung sind die Werke, die das zweite Erwachen des Herdes hervorbringt. Hier sehen wir an dem einen Ende der Reihe den einfachen, weithin geflossenen, vielleicht hier und dort hügelig angestauten Lavastrom, an dem andern den steil aufsteigenden, einen Kraterschacht umschließenden Kegelberg, und innerhalb dieser beiden Grundformen bemerken wir, in verschiedenen Größen ausgebildet, einzeln oder zu Gruppen verbunden, die mannigfaltigsten Zwischenglieder.

Da nun die Doppelberge aus der Verbindung eines Baues der ersten Reihe mit einem der zweiten hervorgehen, und dabei die verschiedensten Größenverhältnisse ins Spiel kommen, so läßt sich leicht ermessen, welche außerordentliche Mannigfaltigkeit in der äußern Erscheinung der Doppelberge möglich ist. Aber auch in den kompliziertesten Fällen, und selbst dann, wenn beide Berge mehr oder weniger ineinander verwachsen sind, und nicht, wie etwa bei Vesuv und Somma, auf oder nebeneinander stehen, wird das genetische Moment zweier Ausbruchsperioden in den meisten Fällen noch deutlich erkennbar bleiben."

„Solange man," sagt Stübel, „immer von der Voraussetzung ausging, daß alle vulkanischen Berge nur durch eine Jahrtausende hindurch fortgesetzte, periodische Tätigkeit, wie wir sie noch gegenwärtig an den Vulkanen wahrnehmen, gebildet werden könnten, hat man sich auch die Calderaberge als auf gleiche Art entstanden gedacht, und z. B. für die Somma, deren Durchmesser etwa 3 *km* beträgt, angenommen, daß der Berg ursprünglich doppelt oder dreifach so hoch gewesen sei, als er gegenwärtig ist, worauf auch der Neigungswinkel der den äußern Abhang bedeckenden Gesteinsbänke hinzudeuten schien. Diese Annahme forderte auch die andere, daß zugleich der Kraterschacht so weit eingeengt worden sei, als es notwendig erschien, um die Lavaergüsse und Schlackenauswürfe vom Gipfel des Berges aus geschehen zu lassen. Dann wäre allerdings der Vesuv einer der höchsten Vulkane der Erde gewesen. Die ganze Bergmasse, die jetzt fehlt, um sich die Somma zu einem etwa 3000 *m* hohen Kegelberge ergänzt zu denken, müßte also in einer relativ sehr späten Zeit erst in sich zusammengebrochen und in die Tiefe gesunken sein. Die Unhaltbarkeit dieser Auffassung liegt aber auf der Hand, wenn man sich vergegenwärtigt, daß es andere Berge gibt, deren Durchmesser ein noch weit beträchtlicherer ist, als der der Somma, so daß dann den gedachten Aufschüttungskegeln ganz beispiellose und durchaus unwahrscheinliche Höhen beigemessen werden müßten. Eine befriedigende Erklärung des Sachverhaltes vermag diese Annahme also sicherlich nicht zu gewähren, und dennoch können nur Einstürze als die alleinige Ursache für die Entstehung der Calderen angenommen werden.

Da nun Calderaberge in so großer Zahl und tektonischer Übereinstimmung in allen Vulkangebieten der Erde auftreten, so muß notwendig vorausgesetzt werden, daß die Grundursache, die solche Einstürze bewirkt, in allen Fällen die gleiche ist, und sicherlich keine solche, die auf dem Eintritte äußerer Zufälligkeiten beruht; sie muß unabänderlich mit der Äußerungsart der vulkanischen Kräfte selbst in innigem Zusammenhange stehen. Dann aber bleiben uns nur zwei Annahmen zur Erwägung offen: entweder erfogt der Einsturz am Schlusse der ersten gewaltigen Ausbruchsperiode, derjenigen nämlich, welche den Berg in seinem ganzen Umfange aufstaut und aufwirft, oder er wird hervorgerufen durch das zweite Erwachen der vulkanischen Kräfte, dem, wie unsere Wahrnehmungen ergaben, stets eine lange Ruhepause vorausgeht.

Das zweite Erwachen eines vulkanischen Herdes, das doch den Zweck hat, aufs neue den Weg nach der Oberfläche zu bahnen, einen alten, seit Jahrtausenden verschütteten Tiefschacht wiederum gangbar zu machen, muß gewiß in vielen Fällen mit großen Gewaltäußerungen vor sich gegangen sein.

Indessen da sehr viele Calderaberge Zeugnis dafür ablegen, daß ihre Herde niemals in eine zweite Eruptionsepoche eingetreten sind, so wird man gewiß nicht fehlgreifen, wenn man als den wahrscheinlichsten Fall annimmt, daß der Zusammensturz, aus dem die Caldera hervorging, am Schlusse der ersten Ausbruchsperiode eingetreten ist.

Den Schluß dieser Ausbruchsperiode bezeichnet der Zeitpunkt, zu welchem ein großer Teil des glutflüssigen Magmas, das den Durchbruch erzwang und im gewaltigen Aufschäumen seine Spannung verlor, in die Tiefe zurücksank, wodurch im Kraterschachte ein Hohlraum entstehen mußte, welcher dem kubischen Inhalte der um und über seiner Mündung aufgestauten Bergmasse annähernd entsprach. An der Somma — um bei dem bekanntesten Beispiele stehen zu bleiben — schätzen wir die Höhe dieser Bergmasse auf keine viel beträchtlichere als die, welche die Gipfel ihrer nordöstlichen Hälfte noch gegenwärtig zeigen; nur von der ganzen südwestlichen Hälfte des Baues ist die Umwallung des großen Kessels schon damals weit tiefer herab zusammengebrochen, als auf jener. Der Einsturz hat wahrscheinlich bereits stattgefunden, als die domförmig aufgewölbte Kernmasse des Berges, die, wie auch der zurückgebliebene Teil der Somma, aus lavadurchsetztem Konglomerate bestand, sich noch in einem glutzähen Zustande befand. Für den Kraterschacht, in den sie hinabsank, als der Herd die Förderung neuer Massen einstellte — und dieser Zeitpunkt mußte im Verlaufe des Vorganges eintreten —, darf die Weite seiner trichterförmigen Öffnung in unserm speziellen Falle gewiß auf 1 bis 2 *km* geschätzt werden. Wie aber von der Größe der trichterförmigen Öffnung der Umfang, so hängt von deren Gestalt wohl in allen Fällen die bald mehr kreisförmige, bald mehr elliptische Form des zurückbleibenden Zirkuswalles ab.

Die in die Tiefe gesunkenen Gesteinsmassen vermögen natürlich den Kraterschacht so fest abzuschließen, daß ein Ausbruch erst wieder nach unermeßlich langer Zeit möglich wird. Daher die lange Ruhepause zwischen der ersten Erschöpfung eines Herdes und seinem zweiten für uns bemerkbaren Erwachen; daher die so auffällige Tatsache, daß es zumeist Calderaberge sind, die in die Form der Doppelberge vom Somma-Vesuv-Typus übergeführt werden, und zwar dadurch, daß auf dem Boden der Caldera über der frühern Schachtmündung der neue Ausbruchskegel aufgeworfen wird. Da aber der neue Kanal, den sich die vulkanischen Kräfte im Laufe von Jahrtausenden durch die den alten weiten Kraterschacht erfüllenden Schutt- und erstarrten Schmelzmassen erbohrten, jetzt nur noch der Abführung weit geringerer Mengen glutflüssigen Magmas zu dienen hatte, blieb er viel enger und der plötzlichen Absperrung durch Einsturz weniger ausgesetzt.

Ein vulkanischer Herd wird also nur dann einen „Vulkan" im gewöhnlichen Sinne des Wortes hervorbringen, wenn er sich in seiner ersten Ausbruchsperiode, bei der Bildung eines „monogenen" Baues, nicht vollständig erschöpfte, und erst bei einer zweiten Abführung glutflüssigen Magmas den alten, durch Einsturz abgeschlossenen Eruptionsschacht aufs neue eröffnet und so gangbar erhält, daß sich von nun an alle Vorgänge in der Tiefe des Herdes bis zur oberirdischen Mündung des Kraterschachtes, um die sich zugleich die neuen Auswurfsprodukte zu einem höher und höher emporwachsenden Kegelberge anhäufen, in wahrnehmbarer Weise übertragen.

Es gibt unter den tätigen Vulkanen der Gegenwart sicherlich keine, die dem Begriffe entsprächen, den man häufig damit verband, d. h. Berge, zu sein, die als Grundfläche die planetare Erstarrungskruste hätten und berufen wären, in alle Ewigkeit fortzudampfen, auch Eruptionen zu machen, welche nicht innerhalb bestimmter Intensitätsgrenzen lägen und in ihrer Gesamttätigkeit nicht eine sehr merkliche Abnahme des Volumens ihrer Lavaergüsse erkennen ließen."

Nach Stübel ist die Entstehungsweise der halbkreisförmigen alten Umwallungen (oder Caldera) um manche Vulkane durch das Zurücksinken des Magmas zu erklären, während andere Vulkanologen diese Bildungen durch

Explosion oder auch durch Erosion und sukzessiven Abbruch der Zirkuswände erklären. Offenbar sind dies sämtlich mögliche Vorgänge, aber gegen diese Ansichten spricht vor allem die Mondoberfläche, wo zahlreiche und große halbkreisförmige Ringwälle vorhanden sind, die man als wirkliche Calderas bezeichnen muß.

Man kann überhaupt die vulkanische Tätigkeit der Erde in sehr entlegener Vorzeit sich kaum großartig genug vorstellen. Unsere heutigen Vulkanberge, selbst die mächtigsten, sind daneben gewiß nur kleine und lokale Erscheinungen. „Es ist wohl selbstverständlich," sagt Stübel, „daß in den unterirdischen Herden, welche das glutflüssige Magma bergen, so enorm hohe Temperaturen herrschen, daß es dort zu einer Abscheidung von Schlacken, zu einer Bildung von Bimsstein und Asche nun und nimmermehr kommen könnte. Die Schlackenbildung wird erst dadurch hervorgerufen, daß das glutflüssige Magma eine Abkühlung erfährt, und diese tritt ein, indem es in den Schächten, die es sich nach und nach eröffnet, aufsteigt und in kältere Zonen der obern Erdkruste gelangt. Aber unsere Vorstellung von diesem Vorgange würde gewiß eine sehr mangelhafte sein, wenn wir annehmen wollten, daß hier Schächte und Ausbrüche in Frage kämen, die sich mit denen unserer zeitweilig tätigen Vulkane vergleichen ließen. Wenn auch einige derselben in geschichtlicher Zeit eine wirklich gewaltige Tätigkeit entfaltet haben, so dürfte solche doch noch weit hinter der zurückstehen, welche in frühern Perioden stattgefunden hat, z. B. in jener, in der monogene Vulkanberge entstanden, deren Höhe oft mehr als 1000 *m* beträgt, und deren zentrale Hauptmasse, eine Caldera zurücklassend, wieder in die Tiefe versank.

Bevor es aber zur Bildung derartiger monogener Berge kommen konnte, haben unzweifelhaft aus dem gleichen Herde nicht einmal, sondern viele Male gewaltige Ergüsse glutflüssigen Magmas stattgefunden, die alle mit ähnlichen Rückzügen des Magmas abschlossen, ohne daß überhaupt Berge aufgeworfen worden wären, denn der Zweck der Eruption ist, wie wir wissen, die teilweise Entleerung des Herdes, und in diesem Vorgange, in diesem wiederholten Aufwallen des Magmas bis zur Oberfläche und einem ebenso oftmaligen Zurücksinken in den Herd dürfen wir mit großer Wahrscheinlichkeit die Entstehung so ungeheurer Massen toten Materiales erblicken.

Die gewaltigsten Auswürfe solchen Materiales dürften, wenigstens was das Vulkangebiet des südlichen Italiens anbelangt, bereits zu einer Zeit stattgefunden haben, als die vulkanischen Berge, die sich jetzt dort erheben, noch nicht vorhanden waren. Somma-Vesuv, Ischia, Rocca Monfina und die Kraterbecken der Phlegräischen Felder verhalten sich zu den großen Eruptionszentren, aus denen die ungeheuren Tuffmassen ihrer Umgebung hervorgingen, wahrscheinlich nicht anders, als etwa die Monti Rossi zum Gesamtbaue des Ätna.

Die bergartige Aufhäufung sowohl glutflüssigen, als auch toten Materiales kennzeichnet in allen Fällen ohne Ausnahme das Ersterben der vulkanischen Kraft eines Herdes, das letzte Stadium seiner Tätigkeit. Auch der monogene Vulkanberg macht hiervon keine Ausnahme; er ist nur das letzte große Glied in einer langen Kette der um Äonen zurückliegenden gewaltigen Äußerungen des Erdinnern, aus denen notwendig erschöpfliche Herde hervorgehen mußten. Alle vulkanische Tätigkeit, die der Bildung des monogenen Baues später folgt, und die in der Gegenwart die ausschließliche ist, der alle polygenen Ausbruchskegel angehören, darf als verschwindend, nur als das Flackern einer verlöschenden Lampe betrachtet werden, im Vergleiche mit den Ausbrüchen, die sich selbst noch in der Ablagerungszeit der jüngsten Sedimentformen zugetragen haben, und deren Eruptionsprodukte zwischen den Gliedern dieser eingeschaltet liegen."

„Das wichtigste Ergebnis unserer Betrachtung," schließt Stübel, „ist sicherlich die Erkenntnis, daß die Anhäufung von vulkanischem Materiale in Bergform nicht etwa den Beginn der Reaktionen aus dem Erdinnern und deren spätern Verlauf kennzeichnet, sondern höchstwahrscheinlich nur als

Schlußakt aller vulkanischen Tätigkeit des ehedem glutflüssigen Erdkörpers betrachtet werden darf.

Der Vulkanberg ist also seiner genetischen Bedeutung nach nichts anderes als eine Ablagerungsform eruptiver Gesteinsmassen, die über einen bestimmten Zustand desjenigen Herdes Aufschluß gibt, aus dem diese hervorgegangen sind. In jedem Falle aber beweist der Vulkanberg durch sein Dasein, daß die glutflüssige Füllmasse eines Herdes schon in ein sehr spätes, vielleicht in das letzte oder bereits abgeschlossene Stadium ihres Erkaltungsprozesses eingetreten ist.

Die bergartige Anhäufung der Eruptionsprodukte geschieht stets aus der Mündung von Schächten, die mit den Herden in direkter Verbindung stehen. Der umfänglichste Teil jeder solchen Anhäufung ist durch die einmalige Tätigkeit ihres Herdes bewirkt worden, doch gibt es auch solche, zu welchen der betreffende Herd noch eine zweite, ausnahmsweise wohl auch eine dritte Hinzufügung von eruptivem Materiale lieferte. Erst dann, wenn sich bei einer dieser spätern Ausstoßungen glutfüssiger Gesteinsmassen eine ständig gangbare Verbindung des vulkanischen Herdes mit der Erdoberfläche anbahnte, wurde der Vulkanberg zu einem sogenannten tätigen Vulkane. Ob es Vulkane gibt, bei denen diese ständige Verbindung gleich in der ersten Tätigkeitsperiode des Herdes, bei der Bildung des monogenen Baues, hergestellt wurde und bis auf die Gegenwart erhalten blieb, ist zwar möglich, aber durchaus nicht festgestellt; mit einiger Bestimmtheit wissen wir nur, daß die meisten der tätigen und in vorgeschichtlichen Jahrtausenden tätig gewesenen Vulkane erst bei einem spätern, zumeist bei dem zweiten Erwachen des Herdes zu solchen geworden sind.

Das gänzliche Absterben eines Vulkanberges nach Abschluß der ersten Tätigkeitsperiode seines Herdes, auf die jedoch nach langen Zwischenpausen eine zweite oder dritte Periode rasch vorübergehender Tätigkeit folgen kann, darf als das für das Wesen des Vulkanismus typische Verhalten betrachtet werden, dagegen ist die andauernde eruptive Tätigkeit eines Vulkanes nur eine an bestimmte äußere Bedingungen geknüpfte Erscheinung."

Das Meer.

Das Volumen der festen Bestandteile des Meerwassers. Durch Gegenüberstellung der Volumina der einzelnen Kontinente und Inseln oberhalb des Meeresniveaus und derjenigen der einzelnen Meeresteile kommt Prof. R. D. Salisbury unter Annahme eines mittlern Salzgehaltes von $35^0/_{00}$ und einer mittlern Dichte des Trockenrückstandes des Seewassers von 2,5 zu dem wohl für manchen überrraschenden Ergebnisse, daß das Volumen der im ganzen Meere gelösten festen Materie größer ist als das Volumen von Europa, Nord- und Mittelamerika, Australien, Ostindien, Madagaskar und Japan zusammengenommen. Bezogen auf gleiche Gewichtsteile, enthält das Meerwasser etwa 200 mal soviel gelöste feste Bestandteile als durchschnittlich Flußwasser. Noch auffallender aber sind folgende Zahlen. In 100 Teilen des Trockenrückstandes sind unter andern enthalten:

	im Meerwasser %	im Flußwasser %
Kochsalz	77.5	2.2
Chlormagnesium	10.5	—
Schwefelsaures Magnesium	4.75	—
„ Kalium	2.5	2.7

	im Meerwasser %	im Flußwasser %
Schwefelsaures Natrium . .	—	4.4
„ Kalzium . .	3.6	4.5
Kohlensaures „ . .	0.3	42.7
„ Magnesium .	—	15.0
Kieselsäureanhydrid	—	10.0

Faßt man die Salze nach den einzelnen Säuren zusammen, so ergibt sich, daß enthält:

	Meerwasser %	Flußwasser %
Chloride (einschl. Bromide) .	88.2	2.5
Sulfate	10.8	11.2
Karbonate	0.3	55.7

Der Gehalt an Karbonaten im Meerwasser ist also ausgedrückt in Prozenten des Gesamtsalzgehaltes etwa nur $^1/_{200}$ von dem im mittlern Flußwasser. Berücksichtigt man aber, daß der Gesamtsalzgehalt sich, wie schon oben erwähnt, umgekehrt verhält wie 200 zu 1, so erkennt man, daß beide Wasser den gleichen absoluten Gehalt an Karbonaten besitzen.[1])

Eine allgemeine Tiefenkarte der Ozeane ist unter den Auspizien des Fürsten von Monaco hergestellt worden.[2]) Die Herausgabe dieser Karte hat für die Topographie der Meeresräume große Wichtigkeit. Prof. Dr. G. Schott gibt eine kritische Betrachtung derselben[3]). Er hebt darin hervor, daß in dieser Karte zum ersten Male die Einführung einer einheitlichen Namengebung für die untermeerischen Bodenformen vorliegt. Ferner sind die Tiefenverhältnisse in Metermaßen angegeben und die Isobathen von 200, 500, 1000, 2000 usw. *m* verzeichnet. Dagegen bemängelt Prof. Schott mit Recht, daß die Tiefenmessungen, bei denen der Grund nicht erreicht wurde, ausgelassen wurden.

Tiefseelotungen im südlichen Indischen Ozeane. Die Expedition S. M. Schiff „Planet" hat in den Monaten April bis Juni 1906 auf der Reise von Kapstadt nach Rodriguez eine Reihe wichtiger Lotungen ausgeführt. Die Bearbeitung derselben durch Dr. W. Brennecke führte zu folgenden Ergebnissen:[4])

---

[1]) Annalen d. Hydrographie u. Maritimen Meteorologie, Jan. 1906. p. 38.

[2]) Carte générale bathymétrique des océans, dressée par ordre de S. A. S. le Prince de Monaco d'après le mémoire de M. le professeur Thoulet adopté par la Commission de nomenclature sub-océanique et par le Congrès international de géographie à Washington sous la direction de M. Charles Sauerwein, enseigne de vaisseau, par M. Tollemer, avec la collaboration de M. M. Bataille, Bolzé, Lebas, Lévêque, Morelli, Normand. Echelle 1 : 10000000. Monaco 1905.

[3]) Annalen d. Hydrographie 1906 p. 23 ff.

[4]) Annalen d. Hydrographie 1906 p. 462.

„Südlich von Kapstadt bestätigen die Lotungen die Auffassung des Bodenreliefs, wie sie Schott auf seiner Karte: „Meerestiefen im Südpolargebiete“, niedergelegt hat; an der Westseite des Crozetrückens verschieben sich jedoch die Tiefenlinien etwas nach Osten; ferner sind zwischen Prinz Eduard-Inseln und Natal bedeutend größere Tiefen (meist über 4000 *m*) vorhanden, so daß die Crozetschwelle als ein Plateau von bedeutend kleinerer Ausdehnung gezeichnet werden muß. Für die von Schott angenommene Verbindung der Crozet- und Bouvetgegend (4000 bis 5000 *m*) spricht die Lotungsstation Nr. 61.

Östlich von Südafrika wurde in ungefähr 33° südl. Breite und $35^1/_2$° östl. Länge eine neue Bank von nur 1372 *m* Tiefe aufgefunden.

Die weitern Lotungen mit Kurs auf die vom „Cyclop“ gefundene Untiefe von 114 *m* ergaben Tiefen von etwa 5000 *m*; die Position, wo die Untiefe selbst sich befinden sollte, wurde durch eine Anzahl Lotungen eingeschlossen, jedoch wurden überall Tiefen von 4700 bis 5400 *m* gelotet, so daß auch keine Anzeichen vorhanden sind, daß in der Nähe der auf den Karten angegebenen Position eine Untiefe besteht. Eine weitergehende Untersuchung der Tiefenverhältnisse im Osten und Süden der Position war infolge des Aktionsradius und der Witterungsverhältnisse nicht angängig.

Südlich von Madagaskar wurde auf etwa 32° südl. Breite und 44° östl. Länge eine Untiefe von 1500 *m* gelotet, welche sich als ein Teil eines Rückens erwies, der sich in der Verlängerung der Ostküste Madagaskars bei einer durchschnittlichen Tiefe von 2500 *m* nach Süden erstreckt.

Die Ergebnisse der Lotungen an der Ostküste von Madagaskar sind auf einer Karte dargestellt, welche auch die vom „Planet“ geloteten Tiefen an der Küste unter 1000 *m*, die nicht in die Tabelle der Tiefseelotungen aufgenommen worden sind und die auf der englischen Seekarte verzeichneten Tiefen enthält. Man ersieht aus der Karte, daß die Ostküste Madagaskars — eine Längsküste — außerordentlich steil zur Tiefsee abfällt. Die Isobathen liegen dicht aneinander gedrängt; bei Station 103 finden wir die Tiefe von 2029 *m* schon in 13 Seemeilen Abstand von der Küste; bis 3000 *m* scheint der Abfall ein stetiger zu sein, um alsdann geringer zu werden; die 4000 *m*-Linie liegt in einem Abstande von 50 bis 60 Seemeilen von der Küste.

Eine der Küste vorgelagerte Bank wurde nach dem Verlassen von St. Marie auf dem Kurse nach Mauritius gefunden. Nachdem in etwa 40 Seemeilen Entfernung 2656 *m* gelotet waren, ergab die folgende Lotung 20 Seemeilen weiter 545 *m*, nach weitern 10 Seemeilen 4000 *m*; auch hier zeigen sich also wiederum steile Böschungswinkel. Eine Anzahl der nahe Madagaskar erhaltenen Grundproben weist deutliche Schichtung auf; häufig finden sich in der unten



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Jahrbuch XVII, 1906.
Tafel V.

Der Felszahn des Mont Pelé,
nach einer Photographie von E. O. Hovey.

liegenden Schicht glasartige Splitter, welche auf vulkanische Vorgänge hinweisen.

Von Mauritius aus wurden die beiden letzten der hier angeführten Lotungen nach Nordosten gelegt und hierdurch festgestellt, daß die zwischen Mauritius und Cargados früher gemeldete Untiefe von 62 *m* nicht in unmittelbarer Verbindung mit Mauritius steht."

Der Meeresboden und die Bewegung in den tiefsten Meeresschichten. J. Thoulet stellte Versuche an[1]) über die Geschwindigkeit der Strömungen, welche imstande ist, Mineralkörner von bestimmter Größe schwebend zu erhalten oder in vertikaler oder horizontaler Richtung fortzuführen. Natürlich kann ein Korn im Wasser sich nur zu Boden setzen, wenn die Strömung des Wassers kleiner ist als diejenige, die es fortbewegt; ferner wird ein auf dem Boden ruhendes Korn fortgeführt, wenn die Strömung die hierfür ausreichende Geschwindigkeit erreicht hat.

Thoulet hat ferner die Fallgeschwindigkeit der Körner durch klares, über dem Boden ruhendes Meerwasser gemessen und gefunden, daß das Wasser eine geringere Geschwindigkeit besitzen mußte, als die, welche das Absetzen der kleinsten Körnchen verhindert. Kalkhaltiger Ton sinkt in ruhendem Meerwasser mit der Geschwindigkeit von 40 *mm* in der Stunde oder etwa 1 *m* pro Tag zu Boden; reiner Ton sinkt mindestens fünf- oder sechsmal langsamer. Anderseits haben über 100 Wasserproben, die vom Fürsten von Monaco unmittelbar über dem Seeboden geschöpft waren, sich, mit zwei Ausnahmen, als klar erwiesen. Thoulet kommt hiernach zu dem Resultate, daß da, wo diese Tone im Tiefenschlamme enthalten sind, also fast überall am Meergrunde, das den Boden berührende Wasser keine Geschwindigkeit von 1 *m* pro Tag besessen haben kann. Die Zirkulation des Meereswassers zwischen den Polen und dem Äquator müßte hiernach eine Zeit von mindestens 10 Millionen Tagen beanspruchen, was nach Thoulet ein wichtiges Argument gegen die Existenz derselben ist. Weiter aber sprechen die Versuche dafür, daß der kalkhaltige und der kalkfreie Ton, der aus der Erosion der Küsten entstanden ist, für die ziemlich gleichmäßige Verbreitung über den Meeresgrund eine sehr lange Zeit in Anspruch genommen haben muß.

Die Bodengestaltung des nordwestlichen Indischen Ozeanes bespricht Dr. R. Lütgens auf Grund der Percy-Sladen-Exepdition auf dem britischen Kreuzer Sealark.[2]) Die Expedition verließ Colombo am 9. Mai 1905 und begann am 14. Mai einen Breitengrad südlich von den Malediven mit Lotungen zur Feststellung des von der Valdivia-Expedition als erwiesen angenommenen unterirdischen

[1]) Compt. rend. **141**. p. 669.
[2]) Annalen d. Hydrographie **1906**. p. 285.

Rückens zwischen den Malediven und den Chagos. Die Lage desselben muß hiernach beträchtlich anders angenommen werden. Die Lotungen zeigten, daß sich der Chagosarchipel von allen Seiten steil und isoliert aus der Tiefe erhebt, da die 3600 *m*-Linie die Gruppe eng umschließt. Die durchschnittliche Tiefe des Chagosplateaus unter dem Meeresspiegel ist 1500 *m*, während der umgebende Ozean im Mittel 4500 *m* tief ist. Die einzelnen Bänke, zwischen denen über 100 Lotungen ausgeführt wurden, sind durch Tiefen von 700 bis 1500 *m* getrennt. Der Boden dieser trennenden Tiefen ist felsig und kahl mit nur stellenweise etwas schlammigem Sande. Da die Lotungen und Dredschzüge schon unterhalb der 100 *m*-Linie keine Korallen oder Riffablagerungen mehr ergaben, haben sich die Riffe im gegenwärtigen Stadium über ihre eigentlichen Böschungen ausgebreitet. Dagegen sind in den Untiefen der Lagunen in einzelnen Riffen ungeheure Massen abgestorbener Organismen abgelagert. Die Atolle selbst sind verschieden ausgebildet. Meistens erreichen sie nur an einigen Stellen die Oberfläche, so daß eine Anzahl Einfahrten vom offenen Wasser in die Lagunen führen. Eine Ausnahme macht die Hauptinsel Diego Garcia, deren Lagune fast ganz von Land umgeben ist. Diego Garcia, das durch Vereinigung mehrerer kleiner, auf einem ausgedehnten Riffe entstandener Inseln gebildet ist, zeigt übrigens Spuren einer frischen Hebung von etwa 1 *m*, der auch die flachen Seen der Insel ihre Entstehung verdanken. Die übrigen Inseln der Gruppe haben sich jedoch in neuerer Zeit nur wenig verändert.

Bis Anfang September arbeitete die Expedition dann im Gebiete des Maskarenenrückens zwischen Mauritius und den Seychellen. Mauritius hat ein großes Barriereriff, das bei Grand Port etwa vier Seemeilen vor der Insel liegt. Einige kleinere Inseln ragen bis zu 15 *m* über den Meeresspiegel empor. Wahrscheinlich — Basaltuntergrund deutet darauf hin — sind sie Reste einer beträchtlich größern Insel, die sich an Stelle des Barriereriffes dort früher erhob. Auch Mauritius erhebt sich natürlich sehr steil aus der Tiefe. Schon in fünf Seemeilen Abstand wurden 2000 *m* gelotet. Die Lotungen zwischen Mauritius und der von Guanolagern bedeckten Albatroßinsel auf dem südlichen Teile der Nazarethbank ergaben für die Gestaltung des Meeresgrundes nichts Neues. Etwa 3500 *m* Tiefe ist auch bisher auf den Karten verzeichnet. Auch über die Nazarethbank, die über große Flächen eine sehr gleichmäßige Tiefe von 50 bis 60 *m* besitzt, ist wenig zu sagen. Zwischen der Nazarethbank im Süden und der Saya de Malhabank im Norden findet sich ein Rücken, dessen Tiefe Gardiner auf etwa 400 *m* angibt, und der im Osten und Westen sehr schnell auf 1500 *m* sinkt. Die Saya de Malhabank unterscheidet sich von der einförmigen Nazarethbank durch ihre reiche Gliederung. Die Lotungen ließen deutlich drei Teile trennen: eine Nordbank, eine große Zentralbank und eine kleine

im Südosten. Die Nordbank ist vom Hauptteile durch einen Kanal von 1150 *m* Tiefe geschieden, während ein Einschnitt von nur 250 *m* die Selbständigkeit der Südostbank zeigt. Alle diese Bänke scheinen atollähnliche Gebilde zu sein, deren durchschnittliche Tiefe 100 *m* ist. Nur der südliche Teil der Hauptbank liegt etwas tiefer. Hier ist auch der Boden mit feinen weißen Bivalvenresten und Seeigelschalen bedeckt, die die Strömungen von den flachern Teilen in die tiefern Partien gefegt haben.

Von der Saya de Malhabank nach den Seychellen zeigen die Lotungen das Vorhandensein eines über 1000 Seemeilen langen, sichelförmigen Rückens von unter 1800 *m* Tiefe, der sich aus über 4000 *m* steil erhebt. Die Existenz dieses Rückens war bisher unbekannt; auf den frühern Karten finden wir hier ein Gebiet von 3000 bis 4000 *m* Tiefe. Die hier liegende kleine Coetivyinsel unterscheidet sich durch ihre Höhe von den vorher besuchten Riffen, da sie aufgesetzte Sanddünen von über 25 *m* absoluter Höhe besitzt.

Nordöstlich von Madagaskar, auf halbem Wege zum Farquhar-Atoll, wurden mit dem Senkblei nicht ganz 3400 *m* Tiefe erreicht. Mit dieser Lotung und einer weitern von annähernd 4000 *m* zwischen Providence und den südlichen Seychellen muß auch die Vermutung einer Verbindung Madagaskars mit der letztern Inselgrupppe völlig aufgegeben werden. Weitere Lotungen zwischen Farquhar und dem 32 Seemeilen entfernten Providence und Pierre Island geben ein treffendes Bild des steilen Aufbaues der drei Atolle. So beträgt der Neigungswinkel der Böschungen des Kanales zwischen den beiden letzten Inseln im Durchschnitte 7°, während die Maximalwerte noch beträchtlich höher sind. Eine Lotung nur drei Seemeilen westlich von Providence ergab 1360 *m*, was einem Winkel von 15° entspricht.

Die Amirantengruppe war die letzte Gruppe vor den Seychellen. Die Amiranten sind atollförmige Sandbänke, die sich bei Flutzeit nur wenige Meter über den Wasserspiegel erheben. Die auf den großen Karten einzelner dieser Inseln, wie D'Arros, St. Joseph, Desroches, angegebenen Hügel existieren nicht. Sie verdanken ihre Eintragung nur der Phantasie früherer Zeichner. Mit Ausnahme von Eagle, D'Arros und Bertant liegen alle Riffe am Rande der Bank, die 15 bis 18 *m* unter Wasser bleibt. Auch hier ist die Inselgruppe isoliert. Von den Seychellen trennt sie ein 2000 *m* tiefer Kanal.

Das frische Haff bildete den Gegenstand einer Studie von G. Braun.[1]) Er weist an demselben das Auftreten dreier Küstenformen nach: der potamogenen Schlammlandküste, der Hakenküste der Nehrung und der diluvialen Kliffküste. Die Oberfläche des Haffes beträgt 825 *qkm*, die größte Tiefe 5,1 *m*, die mittlere nur etwas über

[1]) Zeitschr. f. Gewässerkunde 1906. 7. p. 3.

2 *m*. Die Wasserfüllung des Haffes geschieht gegenwärtig hauptsächlich durch die Nogat, nur sehr untergeordnet durch den Pregel, der seit Herstellung des 6,5 *m* tiefen Seekanales, der Pillauer Tiefe, sein Wasser direkt in die Ostsee führt. Der Salzgehalt hängt merklich von der Windrichtung ab, es existiert fast im ganzen Haffe ein salziger Unterstrom und über diesem eine Schicht süßen Wassers. Die in das Haff gelangenden Sinkstoffe werden pro Jahrhundert auf 180 Millionen Kubikmeter geschätzt. Im Winter friert das Haff fast immer zu, der Seekanal wird dann künstlich offen gehalten. Das Haff ist sehr fischreich, und der Ertrag des Fischfanges betrug im letzten Jahrzehnte durchschnittlich 700 000 ℳ pro Jahr.

Sprünge in der Temperatur des Meerwassers untersuchte E. Knipping nach den tabellarischen Reiseberichten der Deutschen Seewarte, Bd. I.[1]) Was die allgemeine geographische Verteilung desselben anbelangt, so liegt die größte Gruppe der beobachteten Sprünge östlich von Nordamerika und reicht bis 40° westl. Länge in der Breite von St. Johns auf Neufundland. Mitten zwischen den Bermudas und den Azoren liegt eine vereinzelte Beobachtung, ebenso eine 10° nördlich von den Azoren. Vereinzelte Sprünge finden sich weiter im Englischen Kanale und im Biskaischen Busen, an der Küste der Pyrenäenhalbinsel, dann noch eine vereinzelte Beobachtung bei den Kanarischen Inseln und eine vor Bathurst, südlich von Kap Verde. Im Mittelmeere kommen ebenfalls vereinzelte Sprünge vor, um sich im Roten Meere bis über Kap Ras-Hafun hinaus fortzusetzen. Auf dem weitern Wege nach Osten kommt noch eine einzelne Beobachtung bei den Lakkediven vor; dann hören sie auf bis zum Eingange der Straße von Formosa. Von hier an treten sie wieder etwas häufiger auf bis zu den Japanischen Gewässern. Der letzte Sprung findet sich in 154° östl. Länge in der Breite von Yezo.

In Südbreite und im Atlantischen Ozeane begegnen wir den ersten Sprüngen an der Ostküste Südamerikas bei Kap Frio. Sie bleiben aber hier vereinzelt, bis südlich vom Kap Santa Maria vor der La Platamündung eine sehr dichte Gruppe auftritt, mit einzelnen Sprüngen bis zu 50° südl. Breite bei den Falklandsinseln. Mitten im Südatlantischen Ozeane begegnen wir einer einzelnen Beobachtung bei Tristan da Cunha, dann folgt wieder sprungfreies Wasser bis zum Meridiane der Kapstadt. Von hier aus zieht sich eine lockere Gruppe von Sprüngen bis zur Mitte zwischen den Kerguelen und Neu-Amsterdam hin.

Im südlichen Stillen Ozeane endlich finden wir nur zwei Sprünge, einen bei der Baßstraße, einen andern an der Westküste Südamerikas in 7° südl. Breite.

Die meisten Sprünge finden sich demnach in den außertropischen

---

[1]) Annalen d. Hydrographie 1906. p. 18.

westlichen Teilen der großen Weltmeere. Sprünge von 11° und darüber kommen nur in den zwei großen Gruppen der Westhälfte des Atlantischen Ozeanes vor. Solche mittlerer Größe, 8° bis 10°, kommen außer in diesen beiden Gruppen nur einmal bei Tristan da Cunha, zweimal im östlichen Mittelmeere und einmal im ostchinesischen Meere vor. Im Indischen Ozeane kommen nur Sprünge von 5 bis 7° vor.

Die Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt Knipping in folgendem zusammen:

Die größten Sprünge kommen nach den hier vorliegenden Beobachtungen auf Nordbreite im Nordatlantischen, die größten auf Südbreite im Südatlantischen Ozeane vor, und zwar außerhalb der heißen Zone an der Westseite. Nach der Dichte der Isothermen an der Oberfläche und in 400 *m* Tiefe zu schließen, kommen ebenso hohe Sprünge in keinem andern Ozeane vor, weder im Indischen, noch im Stillen Ozeane. — Die Sprünge zeigen eine deutliche jährliche Periode mit den höchsten Werten in der kalten Jahreszeit. Sie ist stärker im Nordatlantischen als im Südatlantischen Ozeane ausgeprägt. — Die vereinzelten landnahen Sprünge, wohl häufig durch Auftrieb allein verursacht, treten weit zurück gegenüber den ozeanischen und den in großen Gruppen auftretenden Sprüngen, bei denen der Auftrieb aber ebenfalls eine Rolle zu spielen scheint. — Der Hauptunterschied zwischen den beiden großen Atlantischen Gruppen besteht darin, daß die Übergänge von „Kalt" zu „Warm" im Süden alle nach einer Richtung zeigen, im Norden dagegen häufig wechseln und entgegengesetzt verlaufen. Gemeinsam ist beiden die Abhängigkeit von den Windverhältnissen. — Die Sprünge geben schon bei einer mäßigen Anzahl die Möglichkeit, genäherte Isothermen zu zeichnen, wenn auch die Gegensätze dadurch wohl etwas zu scharf zum Ausdrucke gebracht werden. — Die Grenzen der großen Gebiete mit Sprüngen verlagern sich mit den Jahreszeiten und Winden sowohl in Nord- als auch in Südbreite.

Der meteorologische Äquator im Stillen Ozeane bildete den Gegenstand einer Studie von R. Westermann.[1]) Der meteorologische Äquator zeigt sich theoretisch als die Linie, die die Orte der höchsten mittlern Jahrestemperatur auf den einzelnen Meridianen verbindet (thermischer Äquator), die aber auch zugleich eine Trennungslinie annähernd symmetrischer Anordnungen der übrigen Elemente darstellt. Von der Linie aus sollte nach beiden Seiten der mittlere Luftdruck und die mittlere Windgeschwindigkeit wachsen, die mittlere Bewölkung, Feuchtigkeit und Niederschlagsmenge und -häufigkeit abnehmen, und die mittlere Windrichtung sollte auf ihr die kleinste meridional gerichtete Komponente auf-

[1]) Aus d. Archiv d. Deutschen Seewarte 1906. **29**. Nr. 1.

weisen. Das bezieht sich auf die mittlere Lage im Jahre, die der meteorologische Äquator in Wirklichkeit während eines Erdumlaufes nur zweimal einnimmt. Für jeden kleinsten Zeitabschnitt wird er sich im Nordsommer nach Norden und zurück und im Südsommer nach Süden und zurück, der Deklination der Sonne folgend, stetig verschieben; mit ihm das ganze System der luftdynamischen und hydrometeorischen Erscheinungen.

Der Lage und dem Wandern des meteorologisschen Äquators im Stillen Ozeane nachzuspüren, war die Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt. Das zweite Moment, das Wandern im Jahresverlaufe, mußte mit in die Betrachtung gezogen und für die einzelnen Monate, bzw. Jahreszeiten verfolgt werden, weil sich der unmittelbaren Untersuchung der Verhältnisse im Jahresmittel nur die Beobachtungsreihen der Inselstationen darbieten, das Hauptmaterial, die auf See gemachten Beobachtungen, dagegen nicht. Ihre zeitlich sehr ungleichmäßige Verteilung ist der einleuchtende Grund dafür. Als Gebiet für die durchzuführenden Untersuchungen wurde eine Zone von 20 Breitengraden gewählt, die von 10° nördl. bis 10° südl. Breite über den ganzen Ozean verläuft. Technische Gründe waren hierfür mitbestimmend; sonst hätte mit Rücksicht auf die bekannte Ausdehnung der äquatorialen Kalmenzone, in die doch a priori der meteorologische Äquator verlegt werden konnte, der Gürtel im Osten nördlicher und im Westen südlicher genommen werden können.

Über das der Untersuchung zugrunde liegende Material und die Art und Weise der Ausnutzung desselben muß auf das Original verwiesen werden. Die Hauptergebnisse sind folgende: „Im allgemeinen zeigt sich der thermische Äquator als die Mittellinie eines durch die Isothermen von 25° begrenzten Temperaturgürtels, der je nach der Jahreszeit nördlicher oder südlicher liegt und breiter oder schmäler ist. Seine Form wird durch die Südäquatorialströmung bestimmt, die ihn auf der Osthälfte des Ozeanes nach Norden schiebt und zusammenpreßt. Im westlichen Teile ist die breite Entfaltung nicht gehindert. Im Sommerhalbjahre der Nordhalbkugel ist der Gürtel durch Nordwärtsrücken der Einwirkung des Südäquatorialstromes weniger unterworfen. Er verbreitert sich dann auch im Osten und erhöht seine Temperatur nach der Mitte zu bis über 26°. In jeder Jahreszeit schieben sich an den Seiten Keile höher temperierter Gebiete, die sich an das Festland anlehnen, in den Gürtel ein, im Westen in verstärktem Maße und in größerer Ausdehnung, so daß die allgemeine Signatur der Temperaturverteilung im äquatorialen Stillen Ozeane, die für das Wasser gilt, nämlich der erhebliche Gegensatz zwischen Ost und West, auch für die Luft Geltung behält.

Bei der südlichsten Lage, im Februar, schneidet die Mittellinie die amerikanische Küste in 8° nördl., geht in 110° westl. Länge auf $7^1/_2$° nördl., in 140° westl. auf $6^1/_2$° nördl. und in 160° westl. auf 5° nördl. herab, erreicht im Bogen in 180° Länge den Äquator, auf

dem sie auf östlicher Länge verläuft. Bei der nördlichsten Lage, im August, senkt sie sich von der Küste in 16° nördl. auf 13° nördl. in 110 westl., 11° nördl. in 130° westl., 8° nördl. in 150 westl. und 5° nördl. in 175° östl., von wo aus sie im Bogen bis zu 10° nördl. in 130° östl. steigt. Die zwischen den beiden Extremen liegende Mittellinie, die in den großen Zügen mit den entsprechenden Linien des Mai und November zusammenfällt, ist als thermischer Jahresäquator anzusehen. Er ist im östlichen Teile des Stillen Ozeanes doch viel weiter nach Norden gebogen, wie bisher angenommen wurde. Von 14° nördl. aus, wo er in 90° westl. Länge aufs Meer tritt, läuft er etwa in der Richtung West zu Süd, durchschneidet den 115. Meridian (westl. Länge) in 10° nördl., den 130. in 8° nördl., den 150. in 7° nördl. und verläuft erst mit östlicher Länge auf dem 5. Parallelkreise nördlicher Breite, der früher als durchschnittliche Lage für die ganze Breite des Ozeanes angesehen wurde."

Das System der Windzonen verschiebt sich auf dem Stillen Ozeane so, daß es seine südlichste Lage im Sommer des Südens, etwa im Februar, und das andere Extrem im Sommer des Nordens, und zwar im August, erreicht. Für diese beiden Monate, die auch die kühlsten, bzw. wärmsten sind, und außerdem für die Übergangsmonate wurden die Passatgrenzen bestimmt.

In der für den Jahresverlauf mittlern Lage fallen jedenfalls Kalmenzone und Zone höchster Lufttemperatur zusammen, wie die Monate Mai und November, die dieser Lage entsprechen, zeigen, wenn auch nicht ohne Zulassen kleinerer Anomalien. So wird im November der thermische Äquator in den ablandigen Passat an der mexikanischen Küste, den Papagayo, hineingezogen, weil dieser als Fallwind relativ sehr warm ist. Mehr als ein Übereinstimmen in den großen Zügen zwischen Temperatur- und Windverhältnissen findet auch in dem Klima der größten Gleichmäßigkeit nicht statt, sonst liefen Isobaren und Isothermen einander parallel.

Der Niederschlag bedingt in seiner Verteilung über das Jahr für einen Ort in den Tropen, mehr als der Wechsel der direkten erwärmenden Wirkung der Sonne, die Jahreszeiten und bringt damit die Lage des Ortes zum meteorologischen Äquator zum Ausdrucke. Bei Feststellung von atmosphärischen Niederschlagsverhältnissen sind in erster Linie die Niederschlagsmengen bestimmend. Die andern Momente: Regenhäufigkeit und -dichte sind nicht so wichtig. Die Konstruktion des hydrometeorischen Äquators wird deshalb am sichersten durch Zusammenstellen der Regenmengen auf den Meridianen und Ermitteln des äquatorialen Maximums erfolgen. Leider fehlen der maritimen Meteorologie dafür die Grundlagen, nämlich regelmäßige oder, da die Beobachtungen doch nur auf in Fahrt begriffenen Schiffen gemacht werden, zahlreiche, sich über viele Jahre verteilende wirkliche Messungen der Regenhöhen, aus denen man Mittelwerte mit einiger Wahrscheinlichkeit bilden könnte. Man ist

davon weit entfernt, und wird es wohl überhaupt nicht erreichen. Ein gewisser Ersatz dafür steht jedoch in Aussicht, indem man für die einzelnen Gegenden des Meeres, besonders die großen Windgebiete, das Verhältnis zwischen Niederschlagshöhe und Niederschlagshäufigkeit in einer nicht zu kleinen Anzahl von Einzelfällen bestimmt und daraus den Mittelwert des ersten Faktors mit Hilfe des im Mittel bekannten zweiten berechnet. Bis jetzt ist man auf die Niederschlagshäufigkeit allein angewiesen.

Für den befahrendsten Teil des Stillen Ozeanes (15 bis 20° nördl. Breite, 123° westl. Länge bis 5 bis 10° südl. Breite und 117° westl. Länge) findet Westermann, daß der hydrometeorische Äquator dauernd nach Norden verschoben ist und in seinem Jahresverlaufe zwischen 5° und 10° nördl. liegt, wo alle Monate den für beständigen Regenreichtum angenommenen Schwellenwert von 50% Regenhäufigkeit, der besagt, daß mehr als die Hälfte aller Tage im Monate Regen aufzuweisen hat, überschreiten. Das Maximum liegt in der Kalmenzone und schwankt in denselben Grenzen wie diese, so daß es im Nordsommer zwischen 10 und 15° nördl.. sich befindet.

Die Oberflächenströmungen im Kattegat, Sund und in der westlichen Ostsee sind von der deutschen Seewarte auf Grund der neuesten Beobachtungen dargestellt worden.[1]) Wenn auch, heißt es dort, die Oberflächenströmungen auf See, soweit es nicht Gezeitenströmungen sind, hauptsächlich vom Winde abhängen, so ist die stromerzeugende Wirkung des Windes doch nicht immer ohne weiteres erkennbar, besonders da nicht, wo, wie in den Gewässern des Kattegats und der westlichen Ostsee, die eigentümliche örtliche Verteilung von Land und Wasser, wo enge Durchfahrten oder unregelmäßige Küstenlinien und dergl. das Wasser zwingen, gegen den Wind zu strömen und damit die alte Erfahrung, daß der Strom mit dem Winde läuft, weil das Wasser vom Winde getrieben wird, scheinbar auf den Kopf stellen. Aber nur scheinbar. Denn wenn man die Gesamtheit der Strömungen in den Gewässern des Kattegats und der westlichen Ostsee bei verschiedenen Wetterlagen oder Winden vergleicht, so findet man, daß der Oberflächenstrom bei Ostwinden von der Ostsee nach der Nordsee, also im allgemeinen nach Westen, und bei Westwinden umgekehrt, von der Nordsee nach der Ostsee, also im allgemeinen östlich läuft, und daß ferner bei denselben Wetterlagen oder Winden im allgemeinen auch immer wieder dieselben Strömungen eintreten. Nun wird man zwar wohl kaum zwei Wetterkarten finden, die sich genau gleich sind, sehr bald lassen sich aber beim Zeichnen einer größern Anzahl von synoptischen Wetter- und Stromkarten drei Arten unterscheiden. 1. solche, die das Herrschen westlicher Winde auf dem ganzen Gebiete von der westlichen Nordsee bis zur

[1]) Monatskarte f. d. Nordatlantischen Ozean 1906. Nr. 10 (Oktober).

östlichen Ostsee oder Vorgänge beim Vorüberziehen einer nördlich vom Gebiete befindlichen Depression darstellen, 2. solche, die das Herrschen östlicher Winde oder ein Gebiet hohen Druckes im Norden darstellen, und 3. solche, die Wetterlagen darstellen, bei denen auf den verschiedenen Teilen des Gebietes ganz verschiedene Winde wehen.

Diese drei Arten von Wetter sind mit den dazu gehörigen Strömungen in drei der Abhandlung beigegebenen synoptischen Stromkarten veranschaulicht.

Des Nähern wird gezeigt, daß zwar im allgemeinen östliche Winde das Oberflächenwasser von der Ostsee nach der Nordsee und westliche dasselbe umgekehrt treiben, daß aber auch Ausnahmen vorkommen. Erwägt man, heißt es dort, daß in den vielfach gegliederten Gewässern der westlichen Ostsee, des Sundes und des Kattegats der Strom nur auf wenig Strecken seine einmal angenommene Richtung beibehalten kann, daß durch Buchten, Riffe, Sände, Vorgebirge usw. viele Ablenkungen, Umbiegungen, Stromspaltungen, Neerströmungen, Stromwirbel oder dergl. entstehen müssen, so erhellt, daß ein Schiff in jenen Gewässern in fast unberechenbarer Weise versetzt werden kann. So wird denn dort auch nicht selten beobachtet, daß zwei dicht nebeneinander von vollständiger Windstille befallene Segler nach einiger Zeit weit auseinander getrieben sind, oder daß ein Schiff beim Kreuzen ohne ersichtliche Ursache bald auf der einen, bald auf der andern Stelle schnell luv gewinnt oder wieder zusetzt.

Periodische Schwankungen der Eistrift bei Island. Prof. Dr. Meinardus hat hierüber eine bemerkenswerte Untersuchung angestellt.[1]) Da der individuellen Auffassung über die Bewertung der einzelnen Jahrgänge hinsichtlich des Eisreichtums auf dem Meere oft noch ein weiter Spielraum gelassen ist, so rechtfertigt dies sein Verfahren, die Untersuchung über periodische Schwankungen des Eisvorkommens an die Beobachtungen, die an den viel befahrenen Küsten einer bewohnten subarktischen Insel gemacht worden sind, anzuknüpfen.

Das benutzte Material besteht aus den Angaben Thoroddsens für die Zeit von 1800 bis 1883, von C. Ryders für 1884 bis 1892, aus Mitteilungen von C. Amdrup für 1893 bis 1894 und aus den jährlichen Berichten des Dänischen meteorologischen Institutes für die Zeit von 1895 ab. Die Resultate sind kurz zusammengefaßt folgende:

„Die Monate Mai und April werden am häufigsten und im Durchschnitte auch am längsten mit Eis bedacht. Sie bezeichnen den Höhepunkt der Eissaison bei Island. Mindestens in jedem zweiten Jahre wird in diesen Monaten Eis an den Küsten gesichtet und, wenn

[1]) Annalen d. Hydrographie 1906. p. 148.

es auftritt, pflegt es fast den ganzen Monat über zu verweilen. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war der Mai durch häufigeres und dauerhafteres Eis gekennzeichnet als der April; in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts verhielten sich beide Monate nahezu gleichartig. Am seltensten wird im Oktober Eis wahrgenommen. Im Verlaufe von 100 Jahren geschah es nur einmal (1894), so daß der Oktober durchschnittlich als eisfrei betrachtet werden kann. Auch die benachbarten Monate September, November und Dezember sind als eisarm zu bezeichnen.

Die Kurven des Eisvorkommens zeigen ferner die Eigentümlichkeit, daß der Anstieg zum Maximum langsamer erfolgt als der Abstieg von ihm. Die Hochsommerzeit bringt ein schnelles Schwinden des Eises mit sich, so daß im August, drei Monate nach dem Höhepunkte der Eissaison, nur in jedem siebenten Jahre einmal Eis gesichtet zu werden pflegt. Im Januar dagegen, der dem Eishöhepunkte um drei Monate vorausgeht, ist durchschnittlich in jedem vierten Jahre Eis zu erwarten.

Die eigentliche Eissaison an den Küsten Islands reicht vom Januar bis Juli, wenn man ihr diejenigen Monate zurechnet, in denen durchschnittlich in jedem Lustrum einmal Eistreiben beobachtet wird.

Zur weitern Charakterisierung des Verlaufes der Eissaison bei Island kann deren mittlerer Beginn dienen. Für jedes (nicht eisfreie) Jahr wurde das Datum des ersten Erscheinens von Eis den oben angeführten Quellenwerken entnommen. Dabei wurde zugleich auf die Dauer und Schwere der Eissaison Rücksicht genommen, um deren etwaige Beziehungen zum Anfangstermine nachzuweisen.

Im Mittel aller Jahre zeigt sich das erste Eis bei Island am 3. März.

Dieses mittlere Datum hat jedoch keine besondere Bedeutung, da es sich als Mittelwert aus sehr weit voneinander abweichenden Einzelwerten darstellt.

Ein klareres Bild erhält man durch folgende Übersicht, welche die Zahl der Fälle angibt, in denen der Beginn der Eissaison auf die einzelnen Monate des Jahres fiel. Dabei sind die Jahre hinsichtlich der Dauer der Eistrift unterschieden nach drei Kategorien, je nachdem das Eis kürzer als zwei Monate, zwei bis fünf Monate oder länger als fünf Monate auftrat.

Dauer	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII	Zahl der Jahre	Mittleres Datum
< 2 Monate	0	7	5	10	3	7	3	1	1	37	26. III.
2—5 „	1	10	5	7	6	0	0	0	0	29	18. II.
> 5 „	3	5	1	4	0	0	0	0	0	13	28. I.
Alle Eisjahre	4	22	11	21	9	7	3	1	1	79	3. III.

Die Zusammenstellung lehrt folgendes:

1. Der Beginn der Eissaison bei Island fällt am häufigsten auf Januar und März; mehr als die Hälfte aller Eisjahre hatten ihren Anfang in einem dieser Monate. Der Februar kommt viel seltener, etwa nur halb so oft, als Anfangsmonat vor. Bei einer weitergehenden Analyse zeigt sich, daß die beiden Häufigkeitsmaxima im Januar und März durch ein ausgeprägtes Minimum in der zweiten Hälfte des Februar getrennt sind, da auf diese Zeit nur vier Fälle kommen. Nach Ablauf des Monates März wird die Wahrscheinlichkeit, daß noch eine Eissaison beginnt, immer geringer. Zugleich muß sich naturgemäß die Dauer der letztern immer mehr verkürzen, denn im Spätsommer pflegt das letzte Eis zu verschwinden.

2. Eisjahre von kurzer Dauer können in allen Monaten von Januar bis August beginnen, mittlere zwischen Dezember und April, während die langdauernden Eisbesetzungen mit Dezember, Januar und März (seltener im Februar) ihren Anfang nehmen. Somit verschiebt sich auch der mittlere Termin des Beginnes von Ende März auf Ende Januar.

Die umgekehrte Fragestellung nach der Dauer des Eisvorkommens bei gegebenem Anfangstermine beantwortet folgende Reihe.

Beginn der Eissaison im	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Dauer in Monaten	$5^1/_2$	$3^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	1		$^1/_2$	

Je früher das Eis erscheint, desto länger pflegt es durchschnittlich zu verweilen. Es zeigen sich aber auch hier große Abweichungen von den Mittelwerten in den einzelnen Jahrgängen.

Über die Dauer des Eisvorkommens bei Island in den verschiedenen Jahren des 19. Jahrhunderts orientiert folgende Übersicht:

	Monate									Mittlere Dauer
	0	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	
1801—1850	14	10	9	3	3	4	5	2	0	1.9
1851—1900	6	8	10	9	4	7	3	0	3	2.5
1801—1900	20	18	19	12	7	11	8	2	3	2.2

Im Mittel aller Jahrgänge bleibt das Eis an den Küsten Islands zwei Monate und vier Tage sichtbar, im Mittel der 80 Jahrgänge, in denen Eis auftrat, 2 Monate 20 Tage.

Das Eisvorkommen bei Island ist also in der Regel von kurzer Dauer. In nicht weniger als 20 Jahren blieben in dem betrachteten hundertjährigen Zeitraume die Küsten Islands überhaupt eisfrei, davon entfielen allerdings vierzehn auf die erste und nur sechs auf die zweite Hälfte des Jahrhunderts. Diese Erscheinung, sowie das relative Überwiegen kürzerer Eisjahre in der ersten Periode sind ein Ausdruck für die merkwürdige Epoche aufeianderfolgender eisarmer und eisfreier Jahre in den 40er Jahren, über die weiter unten näheres mitgeteilt werden soll.

In 69 Fällen beschränkt sich die Eistrift auf höchstens ein Vierteljahr, in 24 Fällen, also durchschnittlich in jedem vierten Jahre, hatte sie eine Dauer von mehr als vier Monaten. Bemerkenswert ist, daß das Eis häufiger vier bis fünf oder fünf bis sechs Monate verweilt als drei bis vier. Es gibt sich darin neben dem Vorwalten eisarmer und eisfreier Jahre eine gewisse Tendenz zu länger dauernder Eisbesetzung zu erkennen. Die Eisverhältnisse Islands bewegen sich in Extremen."

Eine nähere Untersuchung zeigt, daß die Tendenz zu einer etwa vier- bis fünfjährigen Wiederkehr eisreicher Jahre bei Island vorhanden ist. Schon Lyell hat es in seinem großen Handbuche der Geologie als eine bekannte Tatsache bezeichnet, daß alle vier oder fünf Jahre „eine große Zahl Eisberge, von Grönland herüberkommend, an der Westküste Islands stranden". Jedoch gibt er keine nähere Begründung für diese Behauptung, die, wie es scheint, einer traditionellen Ansicht der isländischen Küstenbevölkerung entspricht.

Wenn man unter der Voraussetzung einer $4^1/_2$jährigen Periode vom Jahre 1803 ausgehend die Jahreszahlen abwechselnd um vier und fünf oder um fünf und vier Jahre wachsen läßt und unter die so gefundenen „Periodenjahre" gemäß Tabelle Vb die nächstgelegenen eisreichen Jahre bei Island setzt, erhält man die ersten beiden Reihen nachstehender Tabelle.

Periodenjahre	1803	07	12	17	21	26	30	35	39	43	48	52
Eisjahre . .	1802	07	12	17	21	27	29	35	40	(43)	(48)	(52)
Zeitdifferenz .	—1	0	0	0	0	+1	—1	0	—1	(0)	(0)	(0)
Eischarakter .	**102**	88	16	**100**	82	**78**	33	**47**	43	(5)	(7)	(8)
Abweich. vom Mittel . .	+79	+65	—7	+77	+59	+55	+10	+24	+20	(—18)	(—16)	(—15)

Periodenjahre	1856	60	65	69	74	78	82	87	92	96	1901	05
Eisjahre . .	1856	59	66	69	74	78	81	88	92	96	1902	(06?)
Zeitdifferenz .	0	—1	+1	0	0	0	—1	+1	0	0	+1	(+1?)
Eischarakter .	35	**46**	**110**	**84**	**64**	24	**82**	**104**	**76**	36	**64**	
Abweich. vom Mittel . .	+12	+23	+87	+61	+41	+1	+59	+81	+53	+13	+41	

Die dritte Horizontalreihe gibt die Differenz zwischen den beiden darüberstehenden Jahreszahlen an; — 1 bedeutet, daß das Eisjahr um ein Jahr früher, + 1, daß es ein Jahr später eintrat, als man bei strenger Einhaltung einer vier- bis fünfjährigen Periode erwarten konnte. Die Tatsache, daß diese Verfrühungen oder Verspätungen niemals mehr als ein Jahr betrugen, und daß in der Mehrzahl der Fälle der Eintritt eines Eisjahres genau zu der erwarteten Zeit stattfand, beweist zur Genüge, daß die Annahme einer solchen Periode gerechtfertigt ist.

Einen weitern Beweis dafür sieht Meinardus in der Tatsache, daß von den 17 schweren Eisjahren, die in der Zeit von 1800 bis 1904 bei Island

auftraten,[1]) nur zwei, die Jahre 1801 und 1837, sich nicht in der obigen Tabelle anführen ließen, alle andern fügen sich mit höchstens ± 1 Jahr Zeitdifferenz in die Periode. Das schwere Eisjahr 1882, das dem in die Tabelle aufgenommenen noch schwerern Eisjahre 1881 folgte, fällt mit einem Jahre der Normalperiode zusammen.

Die letzte Horizontalreihe der Tabelle enthält die Abweichungen der aufgeführten Eisjahre von dem mittlern Eischarakter bei Island. Man sieht das positive Zeichen durchaus überwiegen; abgesehen vom Jahre 1816 fallen nur die exzeptionell eisarmen 40er Jahre durch negative Vorzeichen auf. Die Unterschiede der einzelnen Jahre waren um diese Zeit so unbedeutend, daß die $4^1/_2$jährige Schwankung fast ganz verschwindet. Die Zahlen sind deshalb eingeklammert.

Bildet man die Zeitintervalle zwischen den in Tabelle VI aufgeführten Eisjahren, so findet man, daß sie

	2,	3,	4,	5,	6,	7 Jahre betragen
in	1,	4,	6,	6,	3,	2 Fällen.

Der Zeitunterschied zwischen zwei eisreichen Jahren ist also am häufigsten vier bis fünf, weniger häufig drei bis sechs und sehr selten zwei bis sieben Jahre.

Die Diskussion des vorhandenen Materiales beweist also in vielfacher Hinsicht die Existenz einer durchschnittlich vier- bis fünfjährigen Periode des Eisvorkommens bei Island.

Prof. Meinardus untersuchte nun weiter, ob Beziehungen zwischen den Schwankungen der Eistrift bei Island und der Sonnenfleckenperiode nachweisbar sind. Er stellt in folgender Tabelle die Beziehungen der Eisjahre zur elfjährigen Sonnenfleckenperiode dar.

Sonnenfl. Max. Jahre	1805	16	29	37	48	60	70	83	94	Mittel
Eisjahre	1802	17	27	37	(48)	59	69	81	92	
Zeitdifferenz . . .	—3	+1	—2	0	(0)	—1	—1	—2	—2	—1.1
Eischarakter . . .	**102**	**100**	78	78	(7)	**46**	**84**	**82**	**76**	73.
Abweich. vom Mittel	+79	+77	+55	+55	(—16)	+23	+61	+59	+53	+50
Sonnenfl. Min. Jahre	1810	23	33	43	56	67	78	89	1901	
Eisjahre	11	21	35	(43)	56	66	78	88	1902	
Zeitdifferenz . . .	+1	—2	+2	(0)	0	—1	0	—1	+1	0.0
Eischarakter . . .	16	**82**	**47**	(5)	35	**110**	24	**104**	**64**	54
Abweich. vom Mittel	—7	+59	+24	(—18)	+12	+87	+1	+81	+41	+31

Es ergibt sich, daß sowohl etwa ein Jahr vor dem Sonnenfleckenmaximum wie auch gleichzeitig mit dem Sonnenfleckenminimum schwere Eisjahre aufzutreten pflegen.

In der obigen Tabelle kommen nicht weniger als 13 Eisjahre vor, die vorher als schwere bezeichnet worden sind, indem der sie kennzeichnende Wert das Doppelte des Mittelwertes (23) erreichte oder überschritt. Während des ganzen Zeitraumes 1800 bis 1904 gab es 17 derartige Jahre. Die Mehrzahl ist also den Wendepunkten

[1]) Als schwere Eisjahre sind solche gerechnet, in denen der Eischarakter das Zweifache des Mittelwertes aller Jahre (23) mindestens erreichte. Sie sind durch fetten Druck hervorgehoben.

der Sonnenfleckenperioden nahe gelegen. Die verbleibenden vier Jahre sind folgende: 1801, 1807, 1874 und 1882. Davon sind 1801 und 1882 den beiden in der Tabelle auftretenden Jahren 1802 und 1881 benachbart. 1807, ein sehr schweres Eisjahr, hätte vielleicht statt des leichten 1811 dem Sonnenfleckenminimum von 1810 zugeordnet werden können. 1807 und 1874 sind die einzigen schweren Eisjahre, die mitten in die Zeit zwischen Sonnenfleckenmaximum und -minimum fallen.

Die Diskussion der Tabelle läßt also keinen Zweifel darüber, daß die Zeit der geringsten Sonnenfleckenhäufigkeit und die darauf folgende Zeit bis zum Maximum durch großen Eisreichtum und durch die Tendenz zu schweren und schwersten Eisjahren bei Island ausgezeichnet ist.

Diese Tatsache tritt noch deutlicher vor Augen, wenn man eine Ausgleichung vornimmt.

Um die $4^1/_2$jährige Periode zu eliminieren, wurde für jedes Jahr das fünfjährige Mittel aus den Werten dieses und der beiden ihm voraufgehenden und nachfolgenden Jahre eingesetzt, es wurden mit andern Worten fortschreitende Lustrenmittel gebildet, und diese dann durch die Formel (a + b + c) : 3 ausgeglichen. Folgende Tabelle enthält die Abweichungen derselben vom Mittel (23). Die Wendepunkte sind durch fetten Druck, bzw. Sternchen hervorgehoben.

1800	+11	1820	+ 8	1840	— 6	**1860**	— 2	1880	+ 9
01	+**17**	21	+ 3	41	—12	61	— 6	81	+**13**
02	+**17**	22	+ 3	42	—16	62	— 8*	82	+**13**
03	+13	23*	— 1	43*	—19	63	— 4	**83**	+11
04	+ 7	24	— 2*	44	—21*	64	+ 5	84	+ 7*
05	+ 3	25	— 2*	45	—21*	65	+14	85	+ 8
06	0	26	+ 4	46	—21*	66*	+22	86	+12
07	— 2	27	+ 7	47	—20	67	+29	87	+**17**
08	— 1	28	+ **9**	**48**	—19	68	+**30**	88*	+16
09	— 5	**29**	+ 3	49	—18	69	+24	89	+**17**
1810*	—10	1830	— 4	1850	—18	**1870**	+16	1890	+12
11	—16	31	—11*	51	—18	71	+13	91	+ 8
12	—17*	32	—11*	52	—16	72	+ 8	92	+ 3
13	—15	33*	— 9	53	—13	73	+ 4	93	+ **5**
14	— 8	34	— 2	54	— 8	74	0	**94**	+ 2
15	— 1	35	+ 3	55	— 3	75	— 1	95	— 2
16	+ 5	36	+ 8	56*	+ 3	76	— 6	96	— 7
17	+ 6	**37**	+ 7	57	+ **6**	77	— 9*	97	— 8
18	+**10**	38	+ 5	58	+ **6**	78*	— 9*	98	—11*
19	+ 9	39	0	59	+ 1	79	0	99	—10
								1900	— 4
								1901*	— 2

Der Zusammenhang zwischen der Sonnenfleckenhäufigkeit und den Schwankungen der Eistrift bei Island ist in den meisten Zyklen deutlich in dem schon oben angegebenen Sinne vorhanden. Das Maximum der ausgeglichenen Eisperiode geht in der Regel dem Maximum der Sonnenflecken vorauf. Abweichungen sind vorhanden

1. im zweiten Jahrzehnte des Jahrhunderts, wo sich das Maximum der Eisperiode um einige Jahre verspätet hat, 2. im fünften Jahrzehnte, das wegen seiner andauernden Eisarmut in jeder Hinsicht eine besondere Stelle einnimmt, ferner 3. im Sonnenfleckenzyklus 1883 bis 1894, in welchem ein Maximum der Eistrift zur Zeit des Sonnenfleckenminimums (1888) eintrat, und das normale Maximum der Eistrift vor dem Sonnenfleckenmaximum von 1894 in den ausgeglichenen Werten nur schwach angedeutet erscheint.

Diese Ausnahmen von der Regel vermögen aber den Eindruck nicht zu stören, daß ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der Sonnenfleckenperiode und den Schwankungen des Eisvorkommens bei Island vorhanden ist. Er läßt sich kurz in die Worte fassen:

Das Maximum der ausgeglichenen Eisperiode fällt meist auf die Zeit zunehmender, das Minimum auf die Zeit abnehmender Sonnenfleckenhäufigkeit.

Brückners Klimaschwankungen und die Schwankungen der Eistrift bei Island zeigen, wie schon Sieger behauptet hat, auch nach den Untersuchungen von Prof. Meinardus eine deutliche Korrespondenz. Derselbe findet, daß der von den kürzern Schwankungen befreite säkulare Gang des Eisvorkommens bei Island folgende Minima und Maxima aufweist, denen die entsprechenden Epochen der Brücknerschen Perioden der Temperatur und des Regenfalles für die Landflächen der Erde beigefügt worden sind.

	Eis bei Island	Temperatur		Regenfall
Min.	1811—15	1806—20	Max.	1806—25
Max.	21—35	21—35	Min.	26—40
Min.	46—50	36—50	Max.	41—55
Max.	61—65	51—70	Min.	56—70
Min.	76—80	71—85	Max.	71—85
Max.	86—90			

Die letzten Rubriken der obigen Tabelle lassen erkennen, daß nicht nur Regenfall, Temperatur und Luftdruck größerer Länderräume, sondern auch so spezielle Elemente, wie die Luftdruckdifferenz zwischen Kopenhagen und Stykkisholm (auf Island), wie auch die Lufttemperatur in Westgrönland (Jacobshavn) Variationen erleiden, die mit den langjährigen Schwankungen der Eistrift bei Island übereinstimmen.

Es ist, betont Prof. Meinardus, eine gerade für unsere Untersuchung sehr bemerkenswerte Tatsache, daß die Temperaturschwankungen in Westgrönland im entgegengesetzten Sinne verlaufen wie auf den benachbarten Festländern. Grönland gehört mit seiner weitern Umgebung zu den sogenannten „Ausnahmegebieten", in denen die für die größern Landflächen geltenden Klimaschwankungen kompensiert werden. Wir sehen also Perioden eisreicher Jahre bei Island mit kalten Perioden in Grönland zusammenfallen, eisarme mit warmen Perioden.

Wenn man noch in Betracht zieht, daß die Luftdruckdifferenz zwischen Kopenhagen und Island als ein Maß für die Stärke der nordatlantischen Zirkulation angesehen werden darf, so kann man die Gesamtheit der durch obige Tabelle und die Tafel repräsentierten Tatsachen folgendermaßen zusammenfassen:

a) Die eisreichen Perioden bei Island fallen im allgemeinen zusammen

1. mit Brückners warmen, trockenen Perioden der Festlandsgebiete, soweit sie keine Ausnahmegebiete sind,
2. mit Perioden niedriger Temperatur in Grönland,
3. mit Perioden verstärkter nordatlantischer Zirkulation.

b) Die eisarmen Perioden bei Island korrespondieren dagegen

1. mit Brückners kühlen, feuchten Perioden unter obiger Beschränkung,
2. mit Perioden hoher Temperatur in Grönland,
3. mit Perioden abgeschwächter nordatlantischer Zirkulation.

In einem besondern Abschnitte betrachtet Prof. Meinardus den Einfluß der Eistriftschwankungen bei Island auf die Strömungen, sowie auf die Wasser- und Lufttemperatur, bezüglich deren hier auf das Original verwiesen werden muß.

Die Eisdrift im Gebiete der Baffinsbai hat Dr. Ludwig Mecking untersucht.[1]) Es ist eine fleißige und wichtige Arbeit, die zunächst einen abschließenden Charakter trägt, aber zu weitern umfassenden und sorgfältigen geophysikalischen Beobachtungen in jenem Meeresgebiete dringend auffordert.

Zunächst untersucht Dr. Mecking die Abhängigkeit der Bewegung der Eisberge und Eisschollen (des Feldeises) von den Meeres- und Luftströmungen. Die bekannte Behauptung, daß erstere vom Winde unabhängiger sind als letztere, ist zwar richtig, aber doch nur ein allgemeiner Ausdruck, der einer genauern Fassung bedarf. Auf Grund eingehender Prüfungen gibt Dr. Mecking diese in folgender Form:

I. F ü r d a s F e l d e i s: Das Feldeis wird in seiner Bewegung von jedem jeweiligen Winde beeinflußt.

II. F ü r d a s B e r g e i s; 1. In (praktisch) strömungslosen Meeresteilen hat der Wind auf die Bewegung der Eisberge einen unbedingten und durchaus merklichen Einfluß. Der Effekt eines Windes von der Stärke 7 kommt sogar dem einer mittelmäßigen Strömung nahe; vor sturm- und orkanartigem Winde vollends, wie z. B. einem Föhn, dürften die Berge getrieben werden wie in einer starken Strömung.

2. In Gebieten mit einer herrschenden und tiefgehenden Strömung überwiegt zwar entschieden der Einfluß der Strömung, kann aber doch der des Windes unter Umständen zur Geltung gelangen. Das heißt: Der der Strömung entgegenwehende Wind wird nur in den allerseltensten Fällen, wenn überhaupt, imstande sein, die Bewegungsrichtung der bereits in der Strömung treibenden Berge direkt umzukehren, der mit der Strömung wehende Wind wird aber wohl imstande sein, die Bewegung der in der Strömung treibenden Eisberge zu beschleunigen; der senkrecht zur Strömung wehende Wind wird sicher

[1]) Veröffentl. des Instituts für Meereskunde in Berlin 1906. 7. Heft; Gaea 1905. p. 339.

die in der Strömung befindlichen Eisberge allmählich über die Strömung hinüber zu treiben vermögen in einer Richtung, die einen größern oder kleinern Winkel mit der Strömungsrichtung bildet je nach der Stärke des Windes.

Aufgabe der speziellen Untersuchung war es nun, aus der beobachteten Tatsache der Eisdrift die zugrunde liegenden Strömungen und die bedingenden Witterungsverhältnisse herauszufinden. Dabei wird als erstes allgemeines Kriterium die Beschränktheit der Windwirkung gegenüber der Strömungswirkung festgehalten; ein zweites unterscheidendes Merkmal liegt in der Strömung gegenüber der variablen Witterung, so daß man aus stets in gleicher Weise wiederkehrenden Erscheinungen der Eisdrift auf die konstante Ursache, also auf die Strömung, schließen kann, dagegen aus den Verschiedenheiten der Eiserscheinungen in einzelnen Jahren oder Monaten usw. auf die variable Ursache, also auf die Witterung.

Die Untersuchung der Abhängigkeit der Eisdrift von den Strömungsverhältnissen kann sich aber lediglich nicht auf die bisherigen Karten und Beschreibungen dieser Strömungen im Bereiche der Bafffinsbai beschränken, sondern bedarf der Hinzunahme der Wassertemperaturbeobachtungen. Dr. Mecking gibt auf Grund dieser sämtlichen Indizien eine systematische Darstellung der Strömungsverhältnisse in allen ihren Wurzeln und Zweigen. Dieser Teil seiner Untersuchung ist von großer Wichtigkeit, und er führt zu folgender einheitlichen Zusammenfassung des ganzen Strömungsbildes.

„Die ganze Wasserzirkulation der Ozeane," sagt Dr. Mecking, „stellt sich dar als ein Streben zum Ausgleiche zwischen polarem und äquatorialem Wasser, welches auf einem gleichsinnigen Streben der Winde beruhend im wesentlichen noch durch die ablenkende Erdrotationskraft, die Küstenkonturen, und die Bodenplastik beeinflußt wird. Entsprechend dieser Tatsache sind bekanntlich in höhern nördlichen Breiten an den Westküsten polwärts gerichtete Wasserbewegungen und an den Ostküsten äquatorwärts ziehende zu erkennen (Mohn), und zwar im großen wie im kleinen; und aus demselben Grunde ist in beckenartigen Meeresteilen stets eine Umkreisung von rechts nach links vorhanden. — So treten uns auch in der Davisstraße und Baffinsbai vor allem zwei Hauptwasserbewegungen entgegen, eine geht am Ostrande nach Norden, eine am Westrande nach Süden. Ferner sehen wir überall in den kleinen Becken des amerikanischen arktischen Archipels die südlich ziehende Strömung sich an die Westküste anlehnen und, wo es nicht durch kompliziertere Bedingungen vereitelt wird, einen Kreislauf entwickeln von rechts nach links. Die aus den nördlichen Straßen nach Süden gerichtete Wasserbewegung bildet die Wurzel für die eigentliche polare Strömung, die Labradorströmung; und die antipolare Strömung ist eine Fortsetzung des umgebogenen Ostgrönlandstromes, vermischt mit Golfstromwasser. Dieser antipolare Strom zweigt nun bei seinem weitern Verlaufe zum Teile allmählich in die Labradorströmung hinüber, zum andern Teile zieht er hinauf bis gegen 75° nördl. Breite.

Es läge nun von vornherein ziemlich nahe, zu vermuten, daß diese beiden Strömungen sich im Norden zu einem Kreislaufe schlössen und so eine einfache Umkreisung des „Beckens" der Baffinsbai zustande brächten. Aber in der Tat ist es nicht so, und bei genauerm Zusehen ganz natürlich. Denn die Baffinsbai ist doch schließlich kein so umgrenztes Becken wie etwa das Mittelmeer oder wie manches andere Randmeer. Durch die beiden sich gegenüber stehenden Öffnungen, den schmalen Smithsund und die breite Davisstraße, ist es vielmehr bedingt, daß zu den zwei ersten Strömungselementen (Westgrönlandströmung und Westeislabradorströmung) ein zweites Elementenpaar sich gesellt: die Smithsundströmung und die Davisunterströmung. Damit ist aber der ganze weitere Verlauf der Strömungen von selbst gegeben. Indem nämlich diese beiden letztern vor dem Smithsunde aufeinandertreffen, wird erstens eine Teilung der Smithsundströmung bewirkt, der eine Ast bildet im Westen eine Wurzel für die Labradorströmung, der andere zieht am Kap York vorbei; und zweitens wird durch dieses Zusammentreffen ein teilweises Aufsteigen der Davisunter-

wassers bewirkt, welches dann mit nach Süden abfließt, besonders auf der östlichen Seite (Erdrotation). Aus diesen beiden Quellen, der Kap Yorkströmung und dem abfließenden Davisunterwasser, und noch aus einer dritten, nämlich der schließlichen Umkehrung der Westgrönlandströmung, bildet sich ein sekundärer, südlich gerichteter Stromzweig in der Baffinsbai aus, die Mitteleisströmung, welche durch ihr Streben nach rechts (Erdrotation) zur schließlichen Vereinigung mit der Westeisströmung gelangt, wodurch der ganze Kreislauf im Gesamtbereiche der Baffinsbai geschlossen ist.

Fassen wir endlich das gesamte nordwärts ziehende und das gesamte südwärts ziehende Wasser ins Auge, so tritt auch darin im ganzen die der Erdrotation entsprechende Tatsache hervor, daß mehr im Osten die nordwärts gerichtete, mehr im Westen die entgegengesetzte Wasserbewegung vor sich geht."

Die weitere Untersuchung erstreckt sich über die Abhängigkeit der Eisdrift von den Witterungsverhältnissen. Hier sind es nun die Winde, welche in jeder Hinsicht die Hauptrolle spielen, und zu deren Klarlegung dienten Dr. Mecking die synoptischen Wetterkarten, die für die passenden Monate hergestellt, untereinander und mit denen die Beobachtungen über die entsprechenden Eisverhältnisse verglichen wurden. Letztere aber sind mangelhaft und schwierig gegeneinander richtig abzuwägen. Dabei wurde es notwendig, die verschiedenen Punkte, in denen die einzelnen Eisjahre sich voneinander unterscheiden können, scharf auseinander zu halten. „So zeigt sich z. B. jedes Eisjahr auf den ersten Blick als geschlossenes Ganzes, wenn auch bisweilen einmal eine neue Eisdrift sich an die vorausgehende unmittelbar anschließt. Es sind deshalb auch zunächst die Eisjahre als ganze zu betrachten und die Verschiedenheiten in den einzelnen ganzen Eisjahren durch Witterungsursachen zu erklären, und danach erst können Verschiedenheiten einzelner Monate ins Auge gefaßt und auf Witterungserscheinungen zurückgeführt werden. Ferner ist von der Gesamtstärke der einzelnen Eisjahre ihre Dauer zu trennen. Gerade diese beiden Erscheinungen werden zwar vielfach miteinander verquickt, aber sie sind durchaus nicht voneinander abhängig, ein sehr eisreiches Jahr kann von verhältnismäßig kurzer Dauer sein, und umgekehrt, und läßt somit vermuten, daß auch die bedingenden Witterungsursachen ganz verschiedene sein werden für diese beiden Eigenschaften, Stärke und Dauer."

Mecking untersuchte daher zunächst die Gesamtstärke der einzelnen Eisjahre (Eismengen) ohne Rücksicht auf alle andern Eigentümlichkeiten, dann die Erscheinungen sekundärer Art, z. B. früheres oder späteres Auftreten und Verschwinden, kürzere oder längere Dauer, örtliche Verteilung usw. alles ebenfalls in keiner Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen. Ein Blick auf die Tabellen über die Eismengen offenbart sogleich, daß auch ein Jahr im ganzen an Gletschereis reich sein kann, während es an Meereis nur sehr geringe Mengen aufweist, und umgekehrt. Diese Tatsache besagt aber, daß entweder Herkunft oder Transportbedingungen oder beides für die zwei Eisarten verschieden sein muß, daß infolgedessen auch die die Eismenge bestimmende Witterungsursache für jede der beiden Arten eine andere sein wird oder wenigstens sein kann, und daß somit eine weitere Trennung in der Untersuchung der Witterung erforderlich ist, nämlich zwischen Gletschereis und Meereis.

Bezüglich der Herkunft und des allgemeinen Verlaufes der Gletschereisdrift gelangt Mecking zu dem Ergebnisse, daß nur die Westküste Grönlands hierfür in Betracht kommt. Dabei sind es fast ausschließlich die großen Eisströme nördlich von 69° nördl. Breite auf der ganzen Strecke, wo „große und tiefe Meeresbuchten" durch den hohen, äußern Gebirgsrand der Westküste hindurchgreifen und die ausgedehnte, dahinterliegende Mulde, welche ein riesiges Sammelbecken für das von den Höhen des Ostens und des Innern herunterziehende Inlandeis darstellt, anzapfen. „Jeder Fjord wird dadurch zum lokalen Sammelgebiet, welches aus dem gemeinsamen mit Eis gefüllt wird." Auf dieser Strecke liegen denn auch alle fünf großen Eisfjorde,

welche die weit überwiegende Menge von Eisbergen liefern. Es sind folgende: der Jakobshavner Eisstrom, der Torsukatak, der Große Karajak, der Umiamako und der Upernivikeisstrom. Die Produktion derselben ist kolossal. Von dem Großen Karajak z. B. überschreiten nach v. Drygalskis Schätzung jährlich ungefähr 15 *ckm* Eis die Kalbungsgrenze, und im Jakobshavner Fjord sah Hayes Tausende von Bergen. Außer diesen fünf mächtigsten sind auf v. Drygalskis Karte noch sieben bedeutendere Eisströme verzeichnet, ebenfalls zwischen 69 und 72° nördl. Breite."

Die über drei bis vier Breitengrade ausgedehnte Küstenstrecke in der Gegend der Discobucht und Nordostbucht hat sich in den Untersuchungen Meckings als diejenige Stelle herausgeschält, welche praktisch als die alleinige Ursprungsstätte der nach Neufundland gelangenden Eisbergmengen anzusehen ist. Als Mittelpunkt der riesigen Eisbergwerkstätte kann nach einer Mitteilung v. Drygalskis an Dr. Mecking die Unbekannte Insel gelten.

Abgesehen von Schwankungen im Uperniviksande erklärt v. Drygalski die Unabhängigkeit der Bewegung des Inlandeises von der Jahreszeit für feststehend. Daraus folgert Mecking mit Recht, daß die Bewegung und damit die Eisbergproduktion auch von der verschiedenen Witterung ganzer Jahre unbeeinträchtigt bleibt, und daß die Verschiedenheiten bei Neufundland nur auf solche Witterungsverhältnisse zurückgeführt werden können, welche die Drift der fertigen Eisberge beeinflussen.

Die nächste Ursache für das Ausstoßen der Fjorde ist die Lockerung und Zerstörung des Fjordeises. „Diese Ursache jedoch," sagt Mecking, „stellt sich offenbar in jedem Jahre in gleicher Weise ein, kann also keine Verschiedenheiten im Eisverhalten der einzelnen Jahre bedingen; in Temperaturverhältnissen wird die Lösung unserer Frage nicht zu suchen sein. Aber das zweite Moment, welches hinzukommen muß, um das Ausstoßen zu bewerkstelligen, sind die Winde; sie haben den Hauptanteil an dem Zustandekommen des Ausstoßens. Und ist dieses erst vollzogen, so sind die Eisbergschwärme noch immer nicht dem offenen Meere überliefert, sondern treiben zerstreut oder gruppiert umher in den äußern Teilen der Fjorde und in den großen Buchten und Kanälen zwischen dem Gewirre von Inseln und Halbinseln, überall in den Wasserwegen Grönlands. Ein solcher Ansammlungs- und Aufstapelungsort ist vor allem das Waigat, welches in den Eisbergberichten der jeweiligen Besucher stets eine besondere Rolle spielt, und von dem auch v. Drygalski eine „große Fülle von Eisbergen" meldet, die er kurz nach dem Ausstoßen des Fjordes im Juni 1891 dort angetroffen habe; sie rühren zum größten Teile vom Torsukatakeisstrome her. Um weiter die Berge von dort aus endlich ins freie Meer zu befördern, dafür sind wieder die Winde die Triebkraft, dafür sogar die einzige, wenn man von unregelmäßigen Strömungen in diesen Kanälen und Straßen absieht, die wohl nur Ebbe- und Flutströmung sind und im übrigen ein Abbild der Winde darstellen. Und sind schließlich die Schwärme glücklich im offenen Meere vor den Fjorden und Sunden angelangt und der dort herrschenden Strömung anheimgegeben, dann werden sie ohne ablenkenden Wind einfach nach Norden in die Melvillebai entführt einem ungewissen Schicksale entgegen und kommen für die nächste neufundländische Eisregion nicht in Betracht; hier hat also der Wind nochmals und in noch entscheidenderem Maße als an den ersten Stadien die Möglichkeit, einzugreifen und das Geschick der Eisdrift bestimmen zu helfen. — Wind, Wind und wieder Wind ist also die Kraft, welche hier bei den großen grönländischen Fjorden sofort zu Beginn der Eisdrift in jeder Hinsicht über den weitern Verlauf derselben den Ausschlag gibt, und auf die wir darum unser erstes Augenmerk zu richten haben, um den verschiedenen Ausfall der neufundländischen Eisjahre zu erklären. Damit haben wir den Schlüssel zur Lösung des gestellten Problemes gewonnen.

Die so dem Meere übergebene Eisberglast wird alsdann in mehr oder weniger großem, nach Norden gewölbtem Bogen aus der Westgrönlandströmung in die Mitteleisströmung übergeführt, und so gelangt eine mehr oder minder

große Menge in die Westeis- und Labradorströmung. Ungefähr Anfang Dezember mag das Gros die Gegend von Kap Chidley passieren, auf der Drift längs der Labradorküste wird die Masse dann noch immer mehr auseinandergerissen und aufgehalten, bis schließlich in den ersten Monaten des folgenden Jahres die ersten Vorboten bei Neufundland eintreffen, während der Höhepunkt, der dortigen Eisbergsaison im Durchschnitte auf die Zeit von März bis Mai fällt, um danach im allgemeinen nur noch den Nachzüglern Platz zu machen."

Mecking entwarf nun Karten des mittlern Luftdruckes der Baffinsbai und Umgebung für die Monate Juni, Juli und August, d. h. für die Zeiten, wo die Eisbergmenge bei den großen Fjorden in Drift kommt, und welche gleichzeitig den Hochsommer darstellt, wo durch Schmelzwasser und durch die beständigen Gleichgewichtsänderungen an sich schon alles in den Fjorden in Bewegung ist und nach den Ausgängen drängt. Zunächst stellte Mecking eine Mittelkarte der Luftdruckverteilung in jenen Monaten für die Jahre 1882 bis 1897 her. Sie zeigt drei Depressionen, eine zwischen Norwegen und Island (das ostisländische Minimum), eine zweite zwischen Island und Grönland (das westisländische Minimum) und eine dritte mit ihrem Zentrum im Süden der Baffinsbai (das Baffinsbaiminimum). Es fragt sich nun, welche Abweichungen von dieser mittlern oder normalen Luftdruckverteilung es sind, welche die verschiedenen Eiszustände bei Neufundland hervorrufen. Um dies zu ermitteln, teilte Mecking die sämtlichen Beobachtungsjahre zunächst in zwei Gruppen, eisreiche und eisarme an Eisbergen, und konstruierte für jede dieser Gruppen wiederum eine Karte der mittlern Luftdruckverteilung. Die Untersuchung derselben führte ihn zu folgendem Ergebnisse: „Beim Vergleiche der Sommerwetterkarte der eisbergreichen mit denen der eisbergarmen Jahre stellten sich zwei charakteristische Unterschiede heraus, welche auf zwei Bedingungen für das Eintreten eines eisreichen, bzw. -armen Jahres hinausliefen. Die erste dieser Bedingungen lautete, kurz gesagt, daß zum Zustandekommen eines reichen neufundländischen Eisjahres notwendig sei, daß an der grönländischen Westküste überhaupt möglichst große Windkraft vorhanden sei (für arme Jahre weniger oder gar keine). Und diese Bedingung ist ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, wie sehr der Wind gerade bei Beginn der Eisdrift vom Hintergrunde der Fjorde aus bis zur Mitteleis- und Westeisströmung in seine Rechte treten kann. — Die zweite Bedingung sagte aus, daß dieser Wind, wenn ein eisbergreiches Jahr folgen solle, möglichst Ostwind sein müsse (abweichende Winde für armes Jahr), und das wurde folgendermaßen begreiflich. Der Ostwind drängt das Bergeis aus den Eisstrommündungen möglichst vollständig, unversehrt und schnell bis zur Mitteleisströmung. Ein von der Ostrichtung abweichender Wind dagegen wird ein eisbergärmeres Jahr bei Neufundland nach sich ziehen, weil erstens ein Teil der zur Verfügung stehenden Eisbergmengen gar nicht in die Mitteleisströmung gelangt, sondern auf den verschiedenen Stadien des Weges bis dahin schon scheitert, und weil zweitens derjenige Teil, welcher glücklich die Mitteleisströmung erreicht, nicht auf so kurzem Wege und in so kurzer Zeit dahin kommt (wie bei Ostwind), sondern verzögert wird, jede Verzögerung aber einer weitern Verminderung der auf dem Wege nach Neufundland begriffenen Eisbergmenge gleichbedeutend ist."

Natürlich kann auf Karten, welche Durchschnittswerte geben, der Zusammenhang auch nur mit mäßiger Deutlichkeit zum Ausdrucke kommen. Dr. Mecking hat nun auch Wetterkarten für die einzelnen Eisjahre konstruiert und untersucht. Aus dieser Prüfung ergab sich ihm folgendes: „Der Grundtypus der Wetterlage für eisbergreiche Jahre ist in den (drei) Einzelkarten, welche hervorragend reichen Jahren zugehören, so gut ausgeprägt, daß diese (drei) auch rein äußerlich als fast ganz übereinstimmend sich erweisen. Dieses zwar läßt sich von den Karten der nächsten Stufe, der reichen Jahre, nicht mehr sagen, aber das eigentlich Charakteristische und Wesentliche an den Karten der hervorragend reichen Bergeisjahre ist auch an denen der reichen noch durchweg vorhanden. Starke Abweichungen und Mängel in den wesent-

lichen Punkten, entweder einem oder mehrern, zeigen erst die Karten der eisbergarmen Jahre. Wollte man die Einzelwetterkarten in der Weise ordnen, daß man von dem für ein eisbergreiches Jahr günstigsten Falle fortschritte zu dem für ein armes Jahr günstigsten, also nach den Wetterkarten selbst, so würde wohl in der hier wirklich innegehaltenen Reihenfolge keine allzu große Umstellung vorzunehmen sein. Die Reihenfolge ist aber, wie schon gesagt, nach dem Grade der Eisjahre aufgestellt. Also entsprechen sich Eisjahre und zugehörige Wetterkarten in einem Maße, das als weitgehend bezeichnet werden darf, zumal wenn man bedenkt, daß daneben doch eine Reihe von unkontrollierbaren und hier nicht berücksichtigten Faktoren mitspielt. So viel ist demnach sicher, daß dem Sommerwetter bei den großen Fjorden in der Tat die Hauptentscheidung darüber zukommt, in welcher Menge die Eisberge im folgenden Jahre bei Neufundland auftreten."

Mecking hat auch die Herbstwitterung des jedem Eisjahre vorausgehenden Jahres untersucht und gefunden, daß sie keinen Einfluß auf die Reichhaltigkeit der Eisbergdrift in dieser Jahreszeit ausübt, auch die Winterwitterung des einem Eisjahre vorausgehenden Jahres ist von wenig Einfluß.

Endlich hat Dr. Mecking nachgewiesen, daß meereisreiche Jahre hohe Luftdruckgradienten in den vorhergehenden Monaten zur Voraussetzung haben, meereisarme Jahre aber niedrige Gradienten, ein Resultat, welches dem von Brennecke[1]) für die isländische Eisregion, in der es sich ja fast ausschließlich um Meereis handelt, abgeleiteten ganz analog ist.

Diese Beziehung zwischen der Menge des in den einzelnen Jahren bei Neufundland auftretenden Feldeises und den unmittelbar vorausgehenden Luftdruckverhältnissen zu beiden Seiten der Labradorküste ist von Dr. Mecking nachgewiesen für zwei volle Dezennien, und es ist keine einzige unerklärte Stelle in diesem Zeitraume übrig geblieben. Zum vollen Verständnisse des festgestellten gesetzmäßigen Zusammenhanges war es unerläßlich, in eine umfangreiche Betrachtung einzutreten über Herkunft, Verlauf und Schicksal der Meereisdrift aus dem gesamten Bereiche der Baffinsbai.

Dies hat Mecking vollständig durchgeführt und faßt die Ergebnisse mit folgenden Worten zusammen: „Ein Teil des Meereises vom ganzen Bereiche der Baffinsbai gelangt überhaupt nie an die Labradorküste, erst recht nicht nach Neufundland, so daß vom Ostgrönlandstrome um Kap Farewell geführte, ferner das Buchteneis von der westgrönländischen Fjordgegend und das Eis aus der Hudsonstraße. Der größte Teil des bei Neufundland auftretenden Meereises stammt von der Labradorküste selbst, hauptsächlich aus Feldern, weniger aus Packeis bestehend. Und hierzu kommt eine relativ geringere Menge des vom hohen Norden heruntertreibenden Westeises, welches vorwiegend Packeis ist. Aber auch für dieses bildet die Labradorküste gewissermaßen eine Durchgangs- und Kontrollstation. So kann man denn die Labradorküste als das eigentliche Eismagazin betrachten, welches im allgemeinen (Ausnahmen sind natürlich denkbar, etwa ungewöhnlich milde Winter) reiche Vorräte beherbergt, die nur auf günstigen Wind warten, um nach Neufundland zu gelangen, andernfalls an der Küste selbst im Sommer schmelzen. Damit wird zur Genüge verständlich gemacht sein, inwiefern der oben gefundene Zusammenhang bestehen kann, inwiefern die nach Neufundland treibende Meereismenge im ganzen von dem Wintergradienten bei Labrador abhängig ist."

Auf die kleinen Eigentümlichkeiten und Verschiedenheiten in der Abhängigkeit der Meereismenge von den Witterungsverhältnissen kann hier nicht eingegangen werden, ebensowenig auf die von Mecking erörterte Frage nach der Möglichkeit einer Eisprognose, dagegen möge die Zusammenfassung der

---

[1]) W. Brennecke, Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des ostgrönländischen Meeres. — Ann. d. Hydr. 1904. p. 49.

Hauptergebnisse der ganzen Untersuchung mit Dr. Meckings Worten hier zum Schlusse abgekürzt wiedergegeben werden:

„Es wurden in zwei getrennten Hauptteilen einerseits die Strömungen und anderseits die Witterungsverhältnisse abgeleitet, welche das in und aus dem Bereiche der Baffinsbai treibende Eis beeinflussen, wobei die Strömungen der Hauptsache nach aus dem großen allgemeinen Verhalten der Eisdrift erkannt wurden, die Witterungsverhältnisse dagegen vorwiegend in den Variationen der Eisdrift, den Verschiedenheiten in Menge, Verteilung usw. von Jahr zu Jahr, sich widerspiegelten.

Aus jenem einen Teile der Untersuchung, in welchem der Sicherheit wegen noch einige Wassertemperaturbeobachtungen herangezogen wurden, ging eine einheitliche Strömungskarte hervor, die die zuletzt entworfene Strömungskarte von Pettersson aus dem Jahre 1900 wiedererkennen läßt, sie zum Teile bestätigt, im übrigen erweitert, ergänzt und verändert. Insbesondere ließ sich die Davisunterströmung weiter nach Norden verfolgen und mit dem Nordwasser in Zusammenhang bringen, wodurch zugleich eine neue einfache Erklärung für diese merkwürdige Erscheinung an die Hand gegeben war und überhaupt dem Phänomen des Nordwassers die erste umfassendere Behandlung zuteil wurde, und wodurch ferner die gesamte Wasserzirkulation im Bereiche der Baffinsbai zu einem geschlossenen Organismus, dem Labradorströmungssysteme, zusammengefügt wurde. Nachdem mit den Strömungen die allgemeine Bahn festgelegt war, auf der die Eisbewegungen vor sich gehen, wurden die Eismassen auf diesem Wege Schritt für Schritt verfolgt mit Rücksicht auf die Witterungsverhältnisse, welche ihr Schicksal beeinflussen. Für diese Untersuchung war vor allem eine Trennung der beiden Haupteisarten, Gletschereis und Meereis, nötig, da beide nicht den gleichen Transportbedingungen unterliegen, außerdem nicht denselben Herkunftsort haben. Es gelang, für jede der beiden Eisarten ein bestimmtes Gesetz zu finden, welches die in erster Linie bestimmenden Witterungsverhältnisse für ein mehr oder minder reichliches Auftreten des Eises bei Neufundland angibt.

Das Gesetz für das Gletschereis läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die in einem ganzen Jahre bei Neufundland zu erwartende Gesamtmenge an Bergeis wird bestimmt durch die Wetterlage des vorausgehenden Sommers, so zwar, daß ein bergeisreiches Jahr zustande kommt, wenn diese Wetterlage sich auszeichnet durch besonders starken ostgrönländischen Hochdruck und durch möglichst ausgeprägtes Baffinsbaiminimum gegenüber dem meist minder ausgeprägten isländischen Teile des nordatlantischen Depressionsgebietes, so daß also östlich von Grönland ein möglichst weit ausgedehnter und hoher Luftdrucküberschuß vorhanden ist, der sich möglichst mit nur einer einzigen Stelle tiefsten Druckes in der Baffinsbai auszugleichen strebt und infolgedessen an die ungefähr quer über Grönland und in flachem Bogen über die Baffinsbai verlaufenden Isobaren sich haltend als Ostwind an der westgrönländischen Fjordküste bei 70° nördl. Breite auftritt; ein eisbergarmes Jahr dagegen wird bestimmt durch eine Sommerwetterlage, in welcher die für die reichen Jahre angeführten Charakteristika mehr oder weniger verschwinden, so daß sie im ganzen nur eine Verschlechterung der für die reichen Jahre charakteristischen Wetterlage darstellt, wobei allerdings nach der einen Seite hin eine geringe Tendenz zur Ausbildung eines neuen, selbständigen Typus sich zeigt. — Bei der Sommerwitterung liegt die Hauptentscheidung, Herbst- und Winterwetter wirken nur modifizierend.

Das Gesetz für das Meereis ist weniger kompliziert und lautet:

Die in einem gewissen Jahre bei Neufundland erscheinende Meereismenge wird bestimmt durch den Luftdruckgradienten in den vorausgehenden Monaten November bis Januar zwischen Südgrönland und der Mündung des St. Lorenzflusses, und zwar ist der Eisreichtum um so größer, je stärker dieser Gradient ist.

Beide Beziehungen ließen sich in Zahlen und Kurven darstellen und sich lückenlos und ungezwungen erklären.

Endlich konnte eine Reihe von kleinern Eigentümlichkeiten und Verschiedenheiten der Eisdrift in ihrer örtlichen und zeitlichen Verteilung erkannt und auf Witterungsursachen zurückgeführt werden, insbesondere ergaben sich für Dauer und Höhepunktszeit der Eisdrift beider Arten (Berge und Felder) noch verhältnismäßig gut ausgeprägte Beziehungen zur Witterung."

Der Bottnische Meerbusen. Eine hydrographische Übersicht desselben gab, gestützt auf das neueste Beobachtungsmaterial, Rolf J. Witting, wovon ein zusammenfassender Auszug deutsch in den Annalen der Hydrographie vorliegt.[1])

Der Bottnische Meerbusen zerfällt in zwei größere Teile, die Bottnische Wiek und die Bottnische See, die durch engere und seichtere Gebiete voneinander und von der eigentlichen Ostsee getrennt sind. Die Bottnische Wiek ist von ziemlich regelmäßiger Bodenbeschaffenheit, der zentrale Teil von etwa 70 bis 100 *m* Tiefe mit einzelnen noch tiefern Mulden.

In der Bottnischen See verläuft ein über 100 *m* tiefes Gebiet sichelförmig, von Süden aus zuerst der finnischen Küste sich nähernd, bis hinüber zu der schwedischen Küste bei Angermanland, in deren Nähe auch die tiefste Mulde der See, das Hernösandstief, gelegen ist. Der mittlere westliche Teil ist seichter; hier finden sich Bänke mit einer Wassertiefe von etwa 20 *m*, die durch ihre Lage an Gotland und die um diese Insel herum gelegenen Bänke erinnern.

Der seichtere Nördliche Quark bildet zwischen der Bottnischen Wiek und der Bottnischen See eine Schwelle, deren größte Tiefe auf der finnischen Seite etwa 25 *m*, auf der schwedischen etwa 30 *m* beträgt.

Das Schärenmeer und das Alandsmeer trennen die Bottnische See von der eigentlichen Ostsee. Die Tiefenverhältnisse des Schärenmeeres sind sehr unregelmäßig. Zwischen den unzähligen Schären verlaufen unzählige Rinnen von 20 bis 30 *m* Tiefe, die in den nördlichen und südlichen Teilen bis über 50 *m* tief werden. Zwischen dem nördlichen Teile des Alandsmeeres und der Bottnischen See gibt es keine Schwelle. Die Meeresenge, der Südliche Quark, besitzt im Gegenteile die zweittiefste Mulde der ganzen Ostsee, das Alandstief von vollen 300 *m*, und da, wo der Quark sonst am seichtesten ist, dringt eine über 200 *m* tiefe Rinne als Fortsetzung des Alandstiefs nach Norden durch, um, allmählich seichter werdend, in dem 70 *m* tiefen südlichsten Teile der Bottnischen See plötzlich aufzuhören.

Das Alandsmeer wird durch eine über die Insel Flötjan (59° 48.5′ nördl. Breite, 19° 47′ östl. Länge) gehende Schwelle von 70 bis 80 *m* in zwei tiefere Gebiete geteilt. Das südliche, kleinere Gebiet trennt eine nördlich von Bogskär gelegene Bank zwischen Föglöudde (59° 48′ nördl. Breite, 20° 37′ östl. Länge) und Svenska Björn (59°

[1]) Annalen d. Hydrographie 1906. p. 391, woraus oben der Text.

35′ nördl. Breite, 19° 48′ östl. Länge) vom Tiefenbecken der Ostsee. Die Bank hat eine Tiefe von ungefähr 35 *m*; in dem sehr unebenen steinigen Boden kommen Vertiefungen vor, die vielleicht in diesem Rinnen bilden können. Auf der finnischen Seite auf etwa 59° 40′ nördl. Breite und 20° 30′ östl. Länge zieht wahrscheinlich eine Rinne von über 50 *m* Tiefe durch die Bank. Und noch mehr nach Osten, nach dem Schärenmeere, findet sich eine andere solche Rinne, von welcher ein Zweig wahrscheinlich zum Alandsmeere führt.

Nach den Angaben von Ackermann ist das Areal der Bottnischen Wiek 36 500 *qkm* und das der Bottnischen See 66 900 *qkm*. Ihre mittlern Tiefen können ungefähr zu respektive 50 und 75 *m* geschätzt werden. In runder Zahl enthalten sie also respektive 1800 und 5000 *ckm* Wasser oder zusammen 6800 *ckm* Wasser.

Das Wasser der Bottnischen Wiek hat einen Salzgehalt unter 4.5‰, wobei Wasser von 3.5 bis 4‰ die mächtigste Schicht bildet, während in der Bottnischen See 4 bis 6.6‰ Wasser vorkommt, und die mächtigste Schicht aus 5.5 bis 6‰ Wasser gebildet ist.

Die Erklärung der Salzgehaltsverteilung ist einfach. Das salzigere und dadurch schwerere Ostseewasser sucht sich den Boden entlang einwärts in den Bottnischen Busen zu ergießen, während sich das leichtere und salzärmere Oberflächenwasser auswärts gegen die Ostsee bewegt. Durch eine beständige Zumischung von den unterliegenden Schichten nimmt der Salzgehalt des ursprünglich süßen Oberflächenwassers während der Bewegung gen Süden immer mehr zu (einige Orte ausgenommen, an welchen die Wirkung der Zufuhr von süßem oder relativ salzarmem Wasser ebenso groß oder größer als die Wirkung der Zumischung ist), während der Salzgehalt der Bodenschichten durch entsprechende Zumischung abnimmt.

Überall, wo Schwellen oder Meeresengen die Wasserversetzung beeinträchtigen, werden größere Salzgehaltsdifferenzen in allen Schichten hervorgerufen, wie an den Bänken zwischen der Ostsee und dem Alandsmeere, zwischen den beiden Bassins des Alandsmeeres, im Südlichen Quark, im Schärenmeere und im Nördlichen Quark. Speziell kann das Alandsmeer in dieser Hinsicht mit einer Schleuse verglichen werden.

Auf den großen Wassergebieten aber, wo sich die Wasserversetzungen ruhig abspielen können, wird die Aussüßung der auswärts gehenden Schichten und die Zunahme im Salzgehalte der auswärts gehenden langsamer vor sich gehen.

Eine jährliche Periode im Salzgehalte der Küstengebiete bis 30 bis 50 *km* ins Meer hinein kann in den zweijährigen Beobachtungen 1903 bis 1904 bemerkt werden. Maximum und Minimum treten hier in den obern und in den tiefern Schichten beinahe gleichzeitig ein.

Unperiodisch fortschreitende Veränderungen im Salzgehalte lassen sich in verschiedenen Jahren erkennen. Verfasser kommt zu dem Schlusse, daß man völlig berechtigt ist, den Bottnischen

Busen als ein von der eigentlichen Ostsee abgesondertes hydrographisches Zusammengehöriges zu betrachten. Das Alandsmeer, oder vielmehr sein südliches Becken — da das nördliche in hydrographischer Hinsicht der Bottnischen See sehr nahe steht — und das Schärenmeer bilden ein abgrenzendes Übergangsgebiet. Innerhalb des Bottnischen Busens können wieder die Bottnische See und die Bottnische Wiek als zwei verschiedene Einheiten gelten.

Inseln.

Der Strelasund und Rügen bildete den Gegenstand einer tektonischen Studie vom Prof. W. Deecke.[1]) Auf Grund seiner Studien war derselbe zu dem Schlusse gelangt, daß Rügen ein Schollenland ist, beherrscht vom herzynischen Systeme, das sich in Brüchen auf Jasmund und Wittow, in der Richtung der Jasmunder Boddenlinie, in der Erhebung der Kreide im südwestlichen Teile bei Samtens und Garz und schließlich im Strelasunde ausgeprägt. Nur auf Jasmund sind diese Spalten wirklich zu sehen; daß auch der NW—SO laufende, die Insel und das Festland trennende Sund gleichfalls ein Bruch sei, war bisher allein aus der Richtung und aus dem Solquellenphänomen erschlossen.

Diese Vermutung hat sich durch die Ergebnisse neuer Bohrungen, über die Prof. Deecke ausführlich berichtet, bestätigt. Rügen gehört nach diesem zu der dänischen Zone der Ostsee. „Wollin und Hinterpommern sind ein anderes Gebiet, geschieden durch die von mir schon mehrfach geschilderte Oderbuchtspalte, welche am Westrande von Bornholm entlang zieht. Während wir nämlich die genannten Rügener Schollen nach Möen und Seeland verlängern können, gelingt dies nicht im Südosten über die Oderbucht hinaus. Auf Wollin ist bisher kein Obersenon bekannt, nur Ober- und Mittelturon, vielleicht Cenoman. Die Juraschollen des Kamminer Gebietes finden kein Analogon, weder auf Rügen, noch in Dänemark; die Solquellen Hinterpommerns nehmen eine andere Richtung an — kurzum, die bisher erkennbare Struktur des hinterpommerschen Bodens weicht in vielen Zügen von der westlich ermittelten ab. Dagegen ordnen sich alle bisher bekannten Beobachtungen ungezwungen in das Schema ein, welches in Rügen drei herzynisch streichende Schollen des Kreidegebirges mit zwei dazwischenliegenden verdeckten oder meist abgetragenen Streifen des Alttertiärs annimmt. Umriß, Relief, Geschiebeführung des Diluviums, das lokale Auftreten der Bernsteine und Basalttuffe, Schweredifferenzen und erdmagnetische Störungen finden alle zusammen in einer derartigen Tektonik eine vorläufig durchaus befriedigende Erklärung.“

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissens. 1906. p. 618.

Eine vergleichende Darstellung von Korsika und Sardinien gab G. Schoener.[1]) Beide Inseln hingen in der Vorzeit höchst wahrscheinlich miteinander zusammen, worauf schon die einheitlich verlaufende Struktur derselben, die gleichen physischen und ethnographischen Verhältnisse und nicht zuletzt der in den Bocche di Bonifacio als Brücke zwischen beiden Inseln gelegene kleine Archipel hinweisen.

In hydrographischer Beziehung sind auf Korsika zwei Hauptzonen zu unterscheiden, die des Westens und die des Ostens, von denen sich das größte Becken im Zentrum befindet, das seine Gewässer durch den von der Paglia Orba entspringenden Fiume Golo, dann durch die vom Lago Nino des Cimatelli kommenden Flüsse Tavignano und Fiumorbo (fast parallel mit Tavignano), ferner durch die Torrenti Fiumalto, l'Alezani und il Bravone dem Osten zuführt, während einige Torrenti von kurzem Laufe gegen Südosten abfließen. Die westliche Zone wird durch Fiume Liamone und Torrente Sagone in den Golfo di Sagone und den Porto in den Golfo di Porto, die südwestliche durch Fiume Taravo in den Golfo di Valinco, ferner durch die Torrenti Arboritello, Ortolo, Tanaria, Boracci und Prunelli, sowie den in den Golfo d'Ajaccio mündenden Gravone, die nordwestliche endlich durch den Fiume Fango in den Golfo di Galeria und die Torrenti Ostricori und Nebbio in den Golfo di San Fiorenzo gebildet, wozu sich noch die unbedeutende nördliche Region auf Capo Corso gesellt, deren Torrenti wie Luri, Mione u. a. nur kurzen Lauf haben. Außer einigen kleinen Alpenseen treten auf Korsika keine Seenbildungen auf.

Korsika ist, wie Reclus bemerkt, ein wahres Labyrinth von Bergen, plötzlich gewaltsam aus dem Meeresgrunde aufgetaucht und im Innern scheinbar ohne jede Ordnung von zerklüfteten Bergmassen erfüllt, jedoch hebt sich bei näherm Eingehen das Inselrückgrat deutlich ab, beginnt bei Capo Corso, stuft sich von Norden gegen Südwesten zum Golfo di San Fiorenzo (St. Florent) leicht ab, beschreibt hierauf eine Kreislinie gegen Westen, wo es das Golomassiv bildet, dessen Gipfel sich etwas unter der Grenze des ewigen Schnees halten, und in dessen Region die Paglia Orba (Pagliorba) mit 2525 *m* den Knotenpunkt des korsischen Gebirgssystemes bildet, von dem alle sekundären Ketten auslaufen, und wo der größte Fluß der Insel, der gegen Nordosten ins Tyrrhenische Meer gehende Golo, sowie der gegen Nordwesten in den Golfo di Galeria mündende Fango ihren Ursprung haben, während der nordöstlich davon liegende Monte Cinto mit 2707 *m* — Quellengebiet mehrerer gegen Süden und Nordwesten zum Golo gehender Zuflüsse — und der südwestlich gelegene Monte Rotondo mit 2625 *m* — letzterer der geographische Mittelpunkt der Insel und Quellengebiet der Restonica gegen Norden und der meisten Nebenflüsse des Tavignano gegen Süden — die beiden

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1906. p. 74.

Kulminationspunkte der Insel bilden. Hieraufwendet sich der Hauptzug wieder in einer Kurve gegen Osten, kulminiert im Monte d'Oro, 2391 *m* (von dem der Gravone und Cruzini gegen Westen und der Vecchio östlich zum Tavignano gehen), Monte Renoso, 2325 *m* (Quellengebiet für Taravo gegen Südwesten und des Fiumorbo gegen Nordosten) und Monte Incudine, 2136 *m* (wo südlich die Nebenflüsse des Rizzanese und nordöstlich die des Taravo entspringen), senkt sich dann allmählich südöstlich gegen die Montagne di Cagna (höchster Punkt l'Uomo di Cagna, 1377 *m*) und läuft schließlich im Süden in den schroffen Kalkhügeln der Umgebung von Bonifacio aus. Gegen Osten zwischen den tiefeingeschnittenen Talgängen des Tavignano und des Golo erstreckt sich das isolierte Massiv von Orezza mit dem Monte San Pietro, 1728 *m*, als höchstem Punkte und von der Hauptkette selbst zweigen zahlreiche, die Fluttäler einer großen Anzahl von Torrenti bildenden sekundäre Ketten ab.

Der Berggrund der Insel gehört zum großen Teile der Granitformation an, wie Gneis und Glimmerschiefer, Porphyr und Serpentin, die auf der ganzen Westküste vorherrscht, während sich bei Bonifacio und Porto Vecchio Silurterrain der paläozoischen Epoche zwischen dem Granite eingesprengt vorfindet. Plutonische Bildungen treten nur in ganz geringem Maße auf, und erloschene Krater, Konglomerate von Trachyt, Basalt und Lava wie auf Sardinien fehlen hier vollständig. Da auf der benachbarten Isola dell'Elba die Granitformation ebenfalls überwiegt, so ist die Annahme einer frühern Verbindung des nordöstlichen Teiles Korsikas mit dem toskanischen Festlande über Elba (220 *qkm*) und den übrigen Inseln des Archipels, wie Pianosa, Formica, Monte Christo, Giglio und Gianutri nicht leicht von der Hand zu weisen.

Die Grenze der Granitformation gegen Osten ergibt sich, wenn von der Mündung des Regino bei Isola Rossa (Ile rousse) eine ziemlich gerade Linie bis zum Golfo di Porto Vecchio, dem einzigen Punkte der Ostküste, wo Granit zutage tritt, gezogen wird, während die Westküste fast durchwegs von direkt zum Meere gehenden, in steilen Vorgebirgen auslaufenden Gebirgszügen gebildet wird, so daß hier nur vereinzelt angeschwemmtes Land auftritt, und demnach das Strandprofil im Westen jäh und im Osten nur allmählich zum Meeresgrunde abfallend erscheint.

Lange, mit den Fluttälern parallel verlaufende Furchen und Schrofen am Porphyr, speziell in den Tälern der Pagliorba, sowie polierte Felsflächen und kleinere Moränen legen Zeugnis dafür ab, daß auch Korsika seine Eiszeit hatte.

Infolge der zahlreichen sekundären Ketten mit ihren steilen, zerklüfteten Felsenmassen und zerrissenen Graten ist die Verbindung der Täler untereinander erschwert und nur auf den sogenannten Scale, den stufenförmigen, von der Olivenregion zu den mager bestandenen Weideplätzen für Schafe und Ziegen sich abhebenden

Steigen möglich. So führen aus dem bis zu 620 *m* mittlerer Höhe aufsteigenden granitenen Becken des Golotales, an dessen südlichem Rande sich der höchste Inselpunkt, der Monte Cinto, erhebt, nur zwei praktikable Pässe über Evisa zur Meeresküste, die Scala di Santa Regina und der Col di Vergio, 1530 *m*.

Die mit Recht gerühmte Scala di Santa Regina, eine von überhängenden, durch Erosion zernagten hohen Felsen eingeengte Schlucht (Foce), von deren Wänden überall zwischen dichten Macchien Gießbäche ihre Kaskaden zu dem oft auf $^1/_3$ *m* eingeengten Golo senden, findet an großartigen und schauerlichen Szenerien nicht so leicht ihresgleichen.

Das nach Calacuccia führende Sträßchen mußte wohl den treppenartigen Weg verlassen, ohne jedoch von seinem Reize etwas einzubüßen. Weitere wichtige Pässe sind der Passo di Vizzavone, die Abdachung zwischen Corte und Ajaccio, zugleich Wasserscheide zwischen dem Mittelländischen und Tyrrhenischen Meere, 1162 *m*, Passo della Daccia, 1199 *m*, ins Taravotal, Passo di Sorbo, 1314 *m*, vom Monte d'Oro zur Ostküste und Passo d'Asinao vom Incudine zur Ostküste.

Die starke Gliederung der Westküste mit ihren schroffen und steilen Vorgebirgen begünstigte die Bildung großer und weiter in das Innere dringender Golfe, wie Golfo San Fiorenzo, di Calvi, di Porto (der sich in den Golfo di Girolata und di Pastricciola teilt), di Sagone, d'Ajaccio, di Valinco, im Südwesten di Roccapina, Figari, Ventilegne, im Südosten di Santa Manza, Santa Giuglia, Porto Vecchio und Pinarello, die jedoch alle, mit Ausnahme des von Ajaccio, nur offene, ungeschützte Reeden bilden, während an wirklichen, gesicherten Häfen nur vier, Ajaccio, Bastia, Bonifacio und Calvi, existieren. Die Ostküste hingegen bildet mit Ausnahme des der Kreideformation angehörenden Capo Corso, das auf dieser Seite allein eine Steilküste aufzuweisen hat, von Bastia bis Porto di Pinarello eine in ihrem mittlern Teile etwas ausgebauchte, nahezu gerade Linie, ein Werk der ungestümen Torrenti, die bei den plötzlich eintretenden, so häufigen Gewitterregen ihre von den Bergen mitgeführten Schutt- und Schlammassen an der Küste absetzen und allmählich sandige Stränder und Barren schufen, hinter denen sich die Gewässer der alten Golfe stauten, welchem Vorgange die größern Sümpfe, Stagno di Biguglia (der größte, mit dem Meere kommunizierend und einen Abflußkanal zum Golo aufweisend), ferner di Diana, d'Urbino und di Pala, sowie einige kleinere ihre Entstehung verdanken. Diese stagnierenden, mit Meerespflanzen und allen möglichen Abfällen erfüllten, nur trägen Abfluß besitzenden Gewässer sind im Sommer reich an Miasmen, die die ganze Region verpesten und mit fieberschwangern Dünsten erfüllen, daher unbewohnbar machen und die ohnehin dünne Bevölkerung zwingen, Zuflucht in den Bergen zu suchen. Doch besitzt Korsika im allgemeinen ein sehr gesundes

Klima, ist aber infolge seines Hochgebirgscharakters und infolge seiner ausgedehnten Wälder von mit Hagel und schweren elektrischen Entladungen begleiteten Orkanen häufig heimgesucht. Eigentümlicherweise — im Gegensatze zur Nachbarinsel Sardinien — treten trotz der stark zerrissenen und eingeschnittenen westlichen, südlichen und südöstlichen Küsten größere Inselbildungen nicht auf, und beschränken sich solche nur auf einige Eilande, die vier Isole Cerbicali südlich von Porto Vecchio, Isola Lavezzi und Cavallo (größte) in den Bocche di Bonifacio, nordwestlich die zwei Isole Monachi, Isola rossa, die Gargalo am Capo gleichen Namens und Isola della Giraglia bei Capo Corso, ferner bei Ajaccio die drei kleinen Isole sanguinarie.

Da die Berge nur teilweise während eines halben Jahres schneebedeckt sind, haben die Wasserläufe im Hochsommer nur geringen Zufluß, trocknen daher mit wenigen Ausnahmen aus, welcher Umstand Korsika zu einem wasserarmen Lande stempelt; und doch ist es, vom Hochgebirge abgesehen, ein intensiv grünes Land, dank seinen Macchien, die den Boden vor Austrocknung schützen, und ohne welche Korsika eine Wüste wäre. Die Macchia, die wohl auch in Nordafrika und andern südlichen Ländern des Mittelmeeres auftritt, jedoch nirgends eine derartige Ausdehnung wie hier erlangt hat, setzt sich hauptsächlich aus dem Erdbeerbaume (l'albatro), der Cistenrose (il mucchio), dem Mastixbaume (lo stincolo), der Myrte (il mirto) und dem Heidekraute (la scopa) zusammen und bildet eine baumartige, undurchdringliche, verfilzte Decke.

Kein europäisches Land hat daher einen ähnlichen Bodengeruch aufzuweisen, strömt auf weite Fernen einen so starken Wohlgeruch aus als Korsika, im Frühjahre die Blüte des baumartigen Heidekrautes, der Felsenrose (Ciste) und des spanischen Ginsters, im Sommer die der Myrten, des Thymians und des Geißblattes. Bekannt ist der Ausspruch Napoleons I., daß er zur See mit verbundenen Augen die Nähe seiner Heimatinsel am Wohlgeruche erkennen würde.

Beiläufig der fünfte Teil ist von Wäldern bedeckt, die teils Staats-, teils Kommunal- oder Privateigentum und durch strenge Gesetze geschützt sind. Die bedeutendste Region der Kastanien liegt, wie schon der Name andeutet, in der südwestlich von Corte liegenden Landschaft Castagniccia, wo an 18 000 *ha* Land damit bedeckt sind, die über 30 000 Zentner im Werte von beiläufig je 8 Franks an Ernte ergeben.

Korsika, das *Κύρνος* der Alten, von Italien (Bastia-Piombino) 90 *km*, von Frankreich (Calvi-Nizza) 180 *km* entfernt — was nicht hindert, daß an der französischen Riviera in der Morgendämmerung zuweilen die Silhouette der Insel am Horizonte erscheint — liegt zwischen 41° 21′ 4″ und 43° 0′ 42″ nördl. Breite und 6° 11′ 47″ und 7° 13′ 3″ östl. Länge (Meridian von Paris) und besitzt ein Areal von 8747 *qkm* mit einer Bevölkerungszahl von 295 600 Köpfen

(33.8 per 1 *qkm*) bei einer Länge von 183 *km* vom Capo Corso bis Capo Pertrosato auf 84 *km* größte Breite von Capo Rosso bis zum Torre Fiorentina zwischen den Mündungen des Alistro und des Alesani.

Wie auf Korsika die unermeßlichen Wälder, so bilden für Sardinien seine Bergschätze mit silberhaltigem Bleiglanze als Hauptprodukt den größten Reichtum, wozu noch die Gewinnung vorzüglichen Meersalzes, besonders an den Küsten von Cagliari, Palmas und Carlo Forte kommt, die bedeutende Ausfuhr davon aufweisen. In weiterer Folge wären noch der vorzügliche Wein, die Oliven und Feigen zu erwähnen.

Auch auf Sardinien überwiegt die Granitformation in der Bildung des Inselskelettes, beginnt nördlich bei Capo Testa, wo sie südlich das Hauptmassiv des Monte Limbara (1360 *m*) und die nordöstlichen Inseln der Bocche di Bonifacio — la Maddalena, Caprera (28 *qkm*), Sparagi, S. Maria und mehrere Eilande — bildet, geht dann in einem west-östlichen Bogen über Monte Rasu (1247 *m*) gegen das Zentrum, wo sie im Monte Gennargentu (Punta Lamarmora) mit 1918 *m* kulminiert, und läuft dann in einer etwas gegen Westen gewundenen Linie (Monte Vittoria, 1234 *m*) östlich vom Golfo di Cagliari aus. Der granitene Untergrund weist zahlreiche Lagerungen sedimentären Terrains auf, ferner silurische, karbonifere, jurassische und Kreideablagerungen. Weite Teile des Westens werden von plutonischen Bildungen beherrscht, hauptsächlich von Oristano ab über Bosa, Alghero bis Sassari; so ist auch die im Südwesten liegende Insel San Pietro und die nur durch eine schmale Landzunge mit der Hauptinsel verbundene große Halbinsel San Antioco durchaus aus Trachyt und Lava aufgebaut.

Durch die allerdings nicht in so starkem Maße wie auf der Westseite Korsikas auftretende Gliederung der westlichen, südlichen und nordöstlichen Küste wurde das Auftreten einer Menge von Vorgebirgen und Landspitzen bedingt, die jedoch der Bildung größerer Golfe, wie auf Korsika, weniger günstig war, im Süden die Golfe di Cagliari und di Palmas, im Westen der einzige Golf d'Oristano, im Norden der durch das Capo Falcone und die lange, aus angeschwemmten Sandbänken bestehende wüste Insel Asinara gebildete weite Golfo dell' Asinara und im Nordosten die kleinen Golfo di Congiamis und degli Aranci. Das keinen eigentlichen Hauptzug aufweisende Gebirgssystem zerfällt in das Massiv des Innern mit Monte Gennargentu und dessen sekundären Ketten, das Massiv des Monte Limbara, dessen Ketten die Landschaft Gallura und den nördlichen Teil der Insel formen. Die dritte Gruppe ist die mit dem Limbara parallel laufende Kette dell' Marghine, die vierte die isolierte Gruppe del Campedano im Südwesten von Capo Frasca, der südlichen Landspitze des Golfo d'Oristano bis südlich zum Capo Teulada und Capo di Spartivento, im Monte Linas, 1242 *m*, kulminierend, und die letzte Gruppe die kurze isolierte Kette der Monti di Nurra im Nordwesten.

Da keiner der Berge 2000 *m*, somit die Schneegrenze erreicht, finden sich nur unbedeutende Flußläufe, größtenteils Torrenti, die zeitweise austrocknen oder bei dem in der Nähe der Küste geringen Gefälle stehende Gewässer (stagni), besonders rund um den Golfo d'Oristano bilden und so die an vielen Punkten auftretende Malaria erzeugen. Die größern Flüsse sind il Dosa (Flumendosa) im Süden des Gennargentu, der Hauptwasserscheide entspringend und nach langem Laufe an der Südostküste mündend, il Tirso, 140 *km* südlich vom Limbara, westlich in den Golfo d'Oristano, il rio Liscio, nördlich vom Limbara in die Bocche di Bonifacio, und il Coghinas, von den Monti d'Alà nordwestlich in den Golfo dell'Assinara.

Die Insel Diego Alvarez (oder Gough) im südlichen atlantischen Ozeane (40° 20′ südl. Breite) zwischen Tristan da Cunha und dem Kap ist 1904 von der schottischen Südpolarexpedition besucht worden, und Harvey Pirie (der Geologe der Expedition) berichtet darüber.[1]) Die Insel ist unbewohnt. Sie gehört mit dem St. Paulsfelsen, Ascension, Tristan da Cunha und vielleicht auch der Bouvetinsel zu den über die Meeresoberfläche emporragenden Spitzen des mittelatlantischen Rückens. Ihre höchste Erhebung beträgt 1200 *m*; die Länge 13, die Breite 6.5 *km*. Steil steigt sie 60, im Norden gar 300 *m* empor. Das Antlitz der Insel ist stark von Schluchten zerfurcht. Die Ufer zeugen von schneller Zerstörung durch die Wellen, während die Denudation weniger heftig gewirkt zu haben scheint. Die Flüsse fallen meist unvermittelt in Kaskaden ins Meer, nur wenige haben ein tieferes, voll entwickeltes Tal. Der höchste Teil der Insel scheint ein in zwei Gipfel gespaltener Rücken zu sein; Anzeichen für einen Krater wurden nicht beobachtet, vielmehr sah man mit dem Fernrohre in der Nähe des Gipfels deutliche horizontale Terrassen. Wenn diese auf sukzessiven Lavaschichten beruhen, so würde das für eine früher beträchtlich größere Ausdehnung der Insel sprechen; Pirie hält es sogar für möglich, daß sie einmal mit Tristan da Cunha zusammengehangen habe. An den Uferabstürzen sind ebenfalls, wenn auch weniger deutlich, verschiedene Lavaschichten zu erkennen. Der Fluß, an dessen Mündung die Landung ausgeführt wurde, glich einem typischen schottischen Hochlandsbach, er wies auch die bekannten Strudeltöpfe auf. Unterhalb des Gipfels erhebt sich die von den Seeleuten „The Apostle" genannte große, abgerundete Felsensäule, die vielleicht eine Art Mont Peléturm oder eine jener auf den vulkanischen Inseln des Südatlantic gewöhnlichen Phonolithfelsmassen sein mag. Am Landungsplatze zeigten sich Anzeichen einer leichten Änderung des Meeresniveaus zugunsten des Landes. Die Felsblöcke in den Flußbetten, die auf die Beschaffenheit des

---

[1]) Proc. Royal Phys. Soc. of Edinburgh. **16**. Nr. 6; Globus **91** Nr. 3, woraus oben der Text.

Innern der Insel hindeuten, waren meist ein graues, fast homogenes, nicht porphysisches Gestein, andere, rot und braun, sahen trachytisch aus, auch wurde ein grauer, kompakter Tuff gefunden. Alles war vulkanisch, mit Ausnahme eines kleinen Stückes Kalkstein an der Mündung. Wäre dieses in natürlicher Lagerung gefunden worden, so wäre es ein sehr wichtiges Beweisstück für eine frühere große Landfläche zwischen Südafrika und Südamerika gewesen. Da aber die doppelte Möglichkeit besteht, daß es von einem Eisberge oder durch Menschenhand dorthin getragen ist, so lassen sich aus dem Funde keine Schlüsse ziehen.

Die Insel Mauritius ist von Prof. Dr. A. Voeltzkow auf seiner Reise nach Ostafrika zur Untersuchung der Bildung und des Aufbaues der Riffe des westlichen Indischen Ozeanes besucht worden. Aus seiner Schilderung ist folgendes hervorzuheben.[1]) „Der Anblick der Insel Mauritius ist nicht so imposant wie der von Réunion, da sie weniger hoch als ihre Schwesterinsel aus dem Meere aufsteigt, jedoch nicht weniger malerisch, da ihre Berge in getrennten Massen mit zackigen Gipfeln das Eiland ringförmig umkränzen und sich schroff von der Küste aus erheben. Nach innen gehen sie in ein zentrales Hochland über, das zum großen Teile unter Kultur genommen ist. Die Küsten sind vielfach eingeschnitten und bieten gute Häfen, die jedoch häufig durch vorgelagerte Riffe zwar geschützt, aber auch schwer zugänglich werden.

Port Louis, die Hauptstadt der Insel, besitzt einen verhältnismäßig geräumigen Hafen, der aber teilweise nur geringe Tiefen aufweist. Die Einfahrt in die Bai gestattet ein Kanal von etwa 300 *m* Breite, der zwischen Riffen hindurchführt, die bei Niedrigwasser trocken laufen und ohne Leben sind. Die Stadt selbst liegt am Grunde der Bucht, rückwärts an die Berge gelehnt, teilweise auch sich an ihnen hinaufziehend, und wird von der auf einer Erhebung innerhalb aufgebauten Zitadelle beschützt, die weithin sichtbar ist und auch den Hafen beherrscht. Auf der Höhe über der Stadt ist die Signalstation errichtet, von wo aus nicht nur das Herannahen der Schiffe gemeldet wird, sondern auch die Bewohner durch den optischen Telegraphen Mitteilung erhalten von schlechtem Wetter oder den oft ganz plötzlich hereinbrechenden Orkanen. Ehemals befand sich auf jeder Seite des Hafens hinter den Riffen eine Lagune, die aber aufgefüllt und bepflanzt werden, um den Gesundheitszustand der Stadt zu heben.

Der größte Teil des Kulturlandes ist mit Zuckerrohr bedeckt, nur an einzelnen Punkten ist noch der Urwald erhalten geblieben; jedoch ist das früher blühende Land infolge europäischer und indischer Konkurrenz stark zurückgegangen.

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1906. p. 102.

Mauritius besteht zum größten Teile aus vulkanischen Gesteinen und ihren Zersetzungsprodukten, jedoch finden sich in der Nähe der Küsten auch sedimentäre Schichten, und die Küste wird an vielen Stellen von breiten Riffen umsäumt, die sich fast um die ganze Insel erstrecken.

Die ausgedehntesten Riffe befinden sich bei Mahébourg, wo die Holländer ihre erste Niederlassung gründeten, einem kleinen, an der Südostküste gelegenen Städtchen, das infolge der häufigern Regen und der dadurch bedingten üppigern tropischen Vegetation ein freundlicheres Aussehen darbietet als die Hauptstadt der Insel.

Die den Hafen abschließenden Riffe erstrecken sich, von einzelnen Kanälen durchbrochen, von Norden nach Süden und bilden, als Ganzes genommen, eine breite Fläche, die bei Ebbe trocken läuft, und aus der sich im südlichen Teile ein paar höhere Partien erheben, die bei Hochwasser als Inseln aus dem dann überfluteten größern Riffe hervorragen. Ihre unterwaschenen Ufer mit ihren seewärts gerichteten Hohlkehlen zeigen auch hier, wie stets im westlichen Indischen Ozeane, die stete Zerstörungsarbeit der Gezeiten, freilich hier gemildert infolge des geringen Unterschiedes zwischen Ebbe und Flut, die kaum 1 *m* beträgt.

Wir haben es auch auf Mauritius mit abgestorbenen und durch die Gewalt der Wogen abgeschliffenen Riffen zu tun, deren einstige Höhe durch die noch nicht zerstörten härtern Teile angedeutet wird, die in Gestalt der oben erwähnten inselartigen Partien zurzeit noch erhalten sind, aber auch einem unaufhaltsamen Zerfalle entgegengehen.

Die Zusammensetzung der Riffmasse ist wie überall so auch hier eine wechselnde und am besten an den kleinen Eilanden zu studieren.

Nur selten findet man gewachsenen Korallenkalk, fast stets erweist sich der Riffkalk aus Detritus und Kalksand zusammengesetzt, unter dem Einflusse der Meeresfeuchtigkeit verhärtet und verkittet.

Die Oberfläche der direkt der Riffkante aufsitzenden Inselchen wie Ile aux Fous, ist furchtbar zerfressen und schwer zu begehen, da überall aus dem felsigen, nackten Boden Zacken und Spitzen emporstreben. Bemerkenswert sind hier baumstammähnliche Massen von rotbrauner Farbe mit hellerm Rande, bis zu $^1/_2$ *m* aus der Oberfläche senkrecht emporragend. Es ist dieses Zernagen und Auslaugen eine Erscheinung, die überall an Steilküsten zu beobachten ist, und so weit landeinwärts reicht, wie die Spritzer und der Gischt der Brandung nach innen getragen werden. Ihre Erklärung findet sie in dem stärkern Kohlensäuregehalte des Brandungswassers und seiner größern Lösungsfähigkeit infolge der Erwärmung in den Lachen und Tümpeln im Gebiete der Zone der Spritzer, wobei die weichern Bestandteile zuerst gelöst werden, während die härtern Partien in Gestalt von Zacken und Spitzen länger erhalten bleiben.

Auf den weiter von der Riffkante entfernten Inseln, die nicht mehr oder nur bei Hochwasser am Fuße von den Wogen bespült werden, wo also die Spritzer der Brandung fehlen, wie auf Ile aux Aigrettes, tritt die trockene Verwitterung in ihr Recht, beschleunigt durch die schützende Decke von Guano, die alle Untiefen ausgeebnet hat und in neuerer Zeit technisch verwertet wird.

Ein wesentlich anderes Bild bietet Fouquet Island dar, der Träger des Leuchtturmes. Auch hier bildet die Hauptmasse verbackener Detritus, vielfach Bruchstücke von Madreporen einschließend, jedoch ergibt der erste Blick auf die verschobenen und geneigten und auch aufgerichteten Bänke und Schichten von Kalk und Sand, daß hier keine ursprüngliche Lagerstätte mehr vorliegt. Während die übrigen Eilande nur etwa 1 *m* über die Riffläche emporragen, erhebt sich Fouquet Island bei einer Länge von 250 *m* und einer Breite von 110 *m* bis zur Höhe von 12 *m*, sich nach Nordwesten abdachend und in das eigentliche Riff übergehend, so daß wohl anzunehmen ist, daß hier eine lokale Störung vorliegt, was ja bei dem vulkanischen Charakter von Mauritius nicht ganz von der Hand zu weisen ist.

Die Riffe von Mauritius, als Ganzes betrachtet, gehören der Art der Strandriffe an, die sich direkt an die Küste lehnen und nur eine mäßige Dicke erreichen. Es läßt sich ihre Mächtigkeit genau festlegen infolge der Neigung des Ufers der vulkanischen Insel, dem sie aufsitzen. Da ihr Steilabsturz nach dem Meere zu nur etwa 60 *m* beträgt, gibt dieser Betrag gleichzeitig den höchstmöglichen Betrag für ihre Stärke an.

Das Meer hat seit der Trockenlegung der Riffe eine ganz gewaltige Tätigkeit entfaltet; denn, wie bemerkt, ist das Riff fast in allen seinen Teilen inzwischen bis zur mittlern Flutebbezone abrasiert worden, und nur einzelne Partien sind in Gestalt daraus hervorragender oder dem Riffe aufsitzender Inseln erhalten geblieben, die aber mit dem abgeschliffenen Riffe ein einheitliches Ganzes bilden von gleicher Zusammensetzung und Beschaffenheit wie dieses.

An einer begonnenen, aber wieder als erfolglos aufgegebenen Brunnenanlage ließ sich ein Einblick in die Zusammensetzung des Untergrundes gewinnen. Es ist ein Trümmerwerk von Spitzen und Stücken von Korallen, zerbrochenen Muscheln und Schneckenschalen, vermischt mit Kalksand usw., also jedenfalls keine gewachsene Rifffläche, auf oder in der Korallen an ursprünglicher Lagerstätte fossil geworden wären. Es sind, wie die Betrachtung ergibt, sämtliche Stücke abgerollt und vom Meere angehäuft, das Ganze den gleichen Anblick darbietend wie das große Riff von Mahébourg und infolge irgend welcher besonderer Einflüsse, vielleicht lokaler Stromverhältnisse oder aus andern Ursachen, zurzeit ständig vom Meere entblößt."

Die Maldiven und Lakkadiven sind neuerdings durch Stanley Gardiner und A. Agassiz erforscht worden. Ersterer hielt sich über ein Jahr dort auf, letzterer nur einige Monate, doch sind seine Lotungen der umgebenden Meeresteile sehr genau. Aus den umfangreichen Berichten beider Forscher gibt Dr. R. Langenbeck einen kritischen Auszug,[1]) dem das Nachfolgende entnommen ist.

Die beiden Archipele erstrecken sich fast direkt N—S von 14° N bis 0° 40′ S. Die nördlichern Lakkadiven nehmen den Raum zwischen 14 bis 10° N und 71° 40′ bis 74° O ein. Dann folgt die ganz isolierte Insel Minikoi, welche häufig noch den Lakkadiven zugerechnet wird, aber in der Tat keiner der beiden Gruppen angehört, von den Lakkadiven durch den 111 Seemeilen breiten Neungradkanal, von den Maldiven durch den 71 Seemeilen breiten Achtgradkanal getrennt. Der ausgedehnteste Archipel der Maldiven endlich nimmt den Raum zwischen 7° 10′ N bis 0° 40′ S und 72° 30′ bis 73° 40′ O ein. Die den Lakkadiven gegenüberliegende Malabarküste dacht sich sehr sanft und gleichmäßig ab. Die 100-Fadenlinie liegt in einer Entfernung von 25 bis 60 Seemeilen von ihr, die 1000-Fadenlinie läuft ihr im Abstande von 25 bis 30 Seemeilen nahezu parallel. Von diesem Kontinentalsockel ist das Nordende der Lakkadiven nur durch eine 10 Seemeilen breite Rinne tiefern Wassers geschieden, welche sich nach Süden zu allmählich auf 75 Seemeilen verbreitert. Auch die Tiefen nehmen in derselben von Norden nach Süden von 1100 Faden (2000 *m*) auf 1400 Faden (2560 *m*) zu. Von Süden her schiebt sich im Osten Maldiven bis über 9° N eine Zunge tiefen Wassers mit über 1500 Faden (2750 *m*) Tiefe vor. Die Maldiven und Lakkadiven selbst erheben sich von einem gemeinsamen unterseeischen Plateau von 1200 bis 1300 Faden (2200 bis 2400 *m*) Tiefe. Die 2000-Fadenlinie (3600 *m*) begleitet die Maldivenbank in einer Entfernung von 30 bis 40 Seemeilen (im Westen etwas entfernter als im Osten). Die größte Tiefe zwischen Lakkadiven und Minikoi beträgt 1195 Faden (2187 *m*), zwischen letzterer und den Maldiven 1179 Faden (2158 *m*) nach Gardiner, nach Agassiz nur 963 Faden (1762 *m*).

Die Lakkadiven bestehen aus 17 Bänken, die keine ausgesprochene Anordnung in Reihen zeigen. Dreizehn derselben sind gemeinsam von der 1000-Fadenlinie umschlossen, innerhalb dieser aber auch durch Tiefen von 700 bis 900 Faden (1300 bis 1650 *m*) voneinander getrennt. Die vier südöstlichen Bänke Elikalpeni, Androth, Kalpeni und Suheli werden untereinander und von den übrigen durch Tiefen von mehr als 1100 Faden (2000 *m*) geschieden. Die drei umfangreichsten aber völlig untergetauchten Bänke bilden den nördlichsten Teil der Gruppe.

Zahlreiche Untiefen finden sich auf allen drei. Ganz untergetaucht, mit einer Wassertiefe von 6 bis 10 Faden (10 bis 18 *m*) ist

[1]) Petermanns Mitt. 1906. p. 159.

ferner Elikapelni, fast ganz Androth und Pitti. Erstere trägt eine Insel an ihrem Südende, letztere eine 40 Seemeilen lange Bank, zwei kleine Inseln (Ameni und Pitti) an ihrem Nord- und Südende. Beide Bänke ähneln schon Atollen, indem die größern Tiefen sich in der Mitte finden, der Rand erhöht erscheint. Der Boden der untergetauchten Bänke ist, soweit bekannt, mit Korallenblöcken bedeckt; lebende Korallen fanden sich dagegen auf ihnen selten. Die kleine Kardamumbank nördlich von Pitti trägt ein vollständiges, mit Land bedecktes Oberflächenriff, die übrigen sind mehr oder weniger vollständige Atolle, einige davon sehr klein, nicht größer als viele der Faros oder sekundären Atolle der Maldiven. Die Agattibank endlich, im Westen von Pitti, trägt zwei Atolle. Alle Atolle haben mehr festes Land auf der Ost- als der Westseite, was der Wirkung der Winde zugeschrieben wird, indem alle Bänke dem Südwestmonsun vollständig ausgesetzt, vor dem Nordostmonsun dagegen durch Indien geschützt sind. Die Abdachung ist nach Westen sanfter als nach Osten. Eine eigentliche Riffebene ist nirgends ausgebildet. Von 25 oder 30 Faden (46 bis 55 *m*) Tiefe an fallen alle Bänke sehr steil, einige nahezu senkrecht auf Tiefen von 400 bis 500 Faden (720 bis 900 *m*) ab.

Die Hauptgruppe der Maldiven besteht aus zwei parallelen Reihen von Atollen und atollähnlichen Bänken, von denen die östliche weiter nördlich als die westliche beginnt, aber im Süden früher endet als diese. Die Auffassung Gardiners, daß sich alle diese Bänke, abgesehen von Makunudu im Nordwesten und Haddummati im Süden von einer gemeinsamen Bank erheben, deren mittlere Tiefe etwa 200 Faden (360 *m*) betrüge, erleidet durch die Tiefenmessungen von Agassiz sehr wesentliche Modifikationen. Nach diesen sind die Tiefen sowohl in dem zentralen Bassin, das die beiden Ketten voneinander scheidet, wie in den Kanälen zwischen den beiden Bänken zum Teile ganz erheblich größer. Die Tiefe des zentralen Bassins nimmt von Süden nach Norden zu; sie beträgt zwischen Südnilandu und Mulaku 194 Faden (354 *m*), zwischen Ari und Südmale 217 Faden (397 *m*). Eine seichte Bank im Westen von Nordmale trennt diesen südlichen Teil von dem tiefern nördlichen. Weiterhin betragen die Tiefen zwischen Goifurfehendu und Gahafaro 258 Faden (472 *m*), zwischen Südmalosmadulu und Fadiffolu 266 Faden (487 *m*), zwischen Nordmalosmadulu und Miladummadulu 514 Faden (942 *m*). Zum Teile noch bedeutender sind die Tiefen in den einzelnen Kanälen, und zwar in den östlichen stets erheblich größer als in den westlichen, was eine Neigung des gesamten Plateaus von Westen nach Osten beweist.

Der Boden der Kanäle ist außerordentlich hart und glatt; nur hier und da wurde ein abgestorbener Korallenblock gefunden, offenbar wirken die Strömungen noch in den Tiefen mit großer Kraft.

Die Bänke besitzen seewärts die charakteristische regelmäßige Plattform, welche sich vom Riffrande ungefähr 300 *m* bis zu Tiefen von 40 bis 50 Faden (72 bis 90 *m*) ausdehnt, dann folgt der Steil-

abfall, welcher in ungefähr 150 Faden (270 *m*) Tiefe in eine sanftere Böschung übergeht. Gegen das zentrale Becken ist die Plattform schmäler, höchstens 200 *m* breit, und der Steilabfall beginnt im allgemeinen schon in einer Tiefe von 30 Faden (55 *m*). In den Kanälen zwischen den Bänken ist die Plattform von mittlerer Breite, aber der Steilabfall beginnt in noch geringerer Tiefe und ist nahezu senkrecht. Für die Beschaffenheit der Inseln hebt Agassiz als ganz besonders charakteristisch für die Maldiven die geringe Verbreitung von Korallenbreccie und Korallenkonglomerat hervor. In starkem Gegensatze gegen die pazifischen Atolle besteht das auf die Riffebene aufgeworfene Material fast nur aus Korallensand. Er führt diese Erscheinung auf die geringere Stärke der Monsune im Indischen, gegenüber den Passaten des Stillen Ozeanes und den infolgedessen weniger starken Wogenanprall zurück.

Die einzelnen Bänke zeigen große Unterschiede in der Form ihrer Oberflächenriffe. Die kleinen Bänke haben sämtlich ausgesprochene ringförmige Gestalt, ganz unabhängig von ihrer Lage in der Gruppe. Die kleinste, Toddu, ist nur ein einfaches, fast ganz mit Land bedecktes Riff, die andern nahezu geschlossene Atolle. Alle diese Atolle haben nur geringen Umfang, dagegen sind die übrigen Bänke von bedeutender Größe. Für viele von ihnen ist, wie seinerzeit schon Darwin hervorgehoben hat, ganz besonders charakteristisch die Ausbildung kleiner sekundärer Atolle, die sich ebensowohl an den Rändern wie im Innern der Bänke finden, Gardiner hat für sie den bei den Eingeborenen üblichen Namen „Faro", angenommen; ihre Lagunen werden als „Velu" bezeichnet. Die Faros sind keineswegs immer kreisförmig, sondern häufig halbkreis- oder hufeisenförmig oder in die Länge gestreckt. Bei den großen Bänken scheint die Gestaltung der Oberflächenriffe wesentlich abhängig von der Lage der Bänke innerhalb der Gruppe. Je weiter man nach Süden fortschreitet, um so freier von Riffen wird das Innere der Bänke, um so seltener werden die Faros, um in den südlichsten Bänken ganz zu verschwinden. Ebenso nehmen die Tiefen auf den Bänken von Norden nach Süden zu.

Was die Entstehungsweise der beiden Archipele anbelangt, so erklärt sich Gardiner gegen die Möglichkeit, daß die Maldiven durch die Senkung einer großen zentralen Insel entstanden seien. Er nimmt an, daß die Grundlage der Maldiven und Lakkadiven, wie der übrigen Bänke im westlichen Indischen Ozeane, die Bergketten des gesunkenen Landes sind, welches einst Madagaskar und Ceylon verband. Diese wurden durch Meeresströmungen und Gezeiten abradiert und so ein Plateau von einer ziemlich gleichmäßigen Höhe in etwa 200 Faden Tiefe herstellt.

Agassiz spricht sich gegen Gardiners Hypothese aus, aber auch gegen Darwins Senkungstheorie. Indessen bemerkt Dr. Langenbeck mit Recht, daß letztere die einzige Hypothese ist, die uns eine einiger-

maßen befriedigende Erklärung des gegenwärtigen Zustandes der Inselgruppen gibt.

Langenbecks Auffassung ist folgende: In der Zeit, als die heutige 1500-Fadenlinie die Grenze des Festlandes bildete, mußte Indien annähernd das Aussehen von Hinterindien haben. „Das Gebiet der jetzigen Maldiven sprang als schmale Halbinsel wie Malaka weit nach Süden vor, während östlich davon eine flache Bucht sich nach Norden erstreckte. Das sinkende Gebiet blieb im Nordosten wohl zunächst noch eine Zeitlang im Zusammenhange mit dem Festlande, und auch als dieser Zusammenhang aufgehoben wurde, blieb in der Umgebung der Lakkadiven und wohl auch der nördlichen Maldiven für einen sehr langen Zeitraum noch flaches Meer, auf dessen Boden sich die von dem sinkenden Lande abgewaschenen Schlammassen anhäuften. Für das Wachstum von Korallen war hier noch für langehin kein geeignetes Feld, so wenig wie sich gegenwärtig an den flachen Küsten Indiens Korallen angesiedelt haben. Ganz anders lagen die Verhältnisse in den südlichen Maldiven, die von vornherein scharf zugespitzt in verhältnismäßig tiefes Meer hineinragten. Die beiden mehr vereinzelten Berggruppen, deren Stelle jetzt Addu und Suvadiva einnehmen, wurden auch frühzeitig von dem nördlichen Gebiete getrennt und ragten als getrennte kleine Inseln aus dem Meere auf. An ihrer Stelle konnten sich daher bei fortschreitender Senkung einfache Atolle bilden in der gleichen Weise, wie die Atolle Mikronesiens entstanden gedacht werden müssen. Etwas später begannen die Korallenbauten auch in dem Gebiete der jetzigen Hauptgruppe der Maldiven, aber die Verhältnisse lagen hier ungünstiger für sie als im Süden, denn es bestanden hier noch zahlreiche Inseln und Untiefen, durch deren fortschreitende Zerstörung große Schlammassen in das Meer geführt wurden, welche das Wachstum der Korallen hemmten. Diese bildeten daher zunächst keine geschlossenen Riffe, sondern wuchsen nur an isolierten, besonders begünstigten Stellen in die Höhe. Durch die Wirkung der Strömungen bildeten sich in diesem Gebiete in der von Gardiner so vortrefflich dargelegten Art die Faros auf den Rändern und im Innern der Bänke. Daß diese sich gegenwärtig im Norden der Gruppe noch erhalten haben, während sie sich im Süden schon vollständig zu linearen Riffen zusammengeschlossen haben, erklärt sich ungezwungen daraus, daß eben, je weiter wir nach Süden gehen, um so frühzeitiger die Bedingungen für Korallenansiedlungen gegeben waren. Die Riffe im Süden sind daher älter als die im Norden und konnten daher auch früher ihre definitive Gestalt, die von Atollen annehmen. Am spätesten begann die Riffbildung ganz im Norden, im Gebiete der Lakkadiven, wahrscheinlich erst, nachdem das Land bereits ganz untergetaucht war, und höchstens noch einzelne Bergspitzen als kleine Inselchen aufragten. Daher entstanden im Gebiete der Lakkadiven nur isolierte Atolle, ja einzelne der Riffe haben gegenwärtig die Oberfläche noch nicht erreichen können. Es spricht sehr für diese Auffassung, daß sich diese untergetauchten Bänke zum größten Teile wieder gerade im nördlichsten Teile der Gruppe finden."

Die Bildung der Riffe im westlichen Indischen Ozeane. Während einer fast siebenjährigen Forschungsreise auf vielfachen Inselfahrten im westlichen Teile des Indischen Ozeanes, besonders während eines längern Besuches der Aldabrainsel hatte Prof. Dr. A. Voeltzkow Gelegenheit, den Bau und die Zusammensetzung der dortigen flachen, wenig über die Oberfläche des Meeres hervortretenden Inseln zu studieren. Untersuchungen der Gesteinsproben ergaben nach seiner Rückkehr für die Aldabrainsel eine Zusammensetzung des Riffkalkes aus den Resten kleinster Lebewesen, so daß hier also die Bildung einer mächtigen Bank vorliegt ohne Beteiligung der Tätigkeit der

Korallen. Erst wenn derartige Bänke durch Niveauveränderungen nahe zur Oberfläche des Meeres gelangen, oder wenn derartige, durch Rückzug des Meeres trocken gelegte Bänke durch die Gewalt der Gezeiten bis unter die mittlere Grenze der Flut-Ebbezone abrasiert worden sind, erfahren sie eine Besiedlung mit Korallen, so daß man also als Grundstock stets eine alte massive Kalkbank, gleichviel welchen Ursprunges und von welcher Zusammensetzung vorfindet, und ihr sekundär aufgesetzt eine Rinde lebender Korallen wechselnder Dicke, die aber 1 *m* selten übersteigt, also zwei Gebilde, die sowohl in bezug auf Zusammensetzung, wie auf zeitliche Entstehung völlig voneinander verschieden sind.

Die äußere Ähnlichkeit des Aldabrariffes mit den von ihm früher besuchten Riffen an der Witu-Küste, auf Sansibar und Madagaskar, führte Prof. Voeltzkow zu der Vermutung, daß man es vielleicht im ganzen Bereiche des westlichen Indischen Ozeanes im wesentlichen mit einer einheitlichen Bildung großer Bänke homogenen Kalkes durch die Tätigkeit mikroskopischer Organismen zu tun haben könnte, und daß erst durch eine spätere Überrindung jener Bänke durch Korallen usw. während des Emporsteigens nunmehr Korallenriffe vorgetäuscht werden.

Im Falle einer Bestätigung dieser Vermutung einer einheitlichen Bildung für dieses weite Gebiet von fast 20 Breitengraden mußte unsere Anschauung über die Entstehung der Riffe jener Gegenden eine Modifikation erfahren. Es würde dann oft zur Erklärung der vorliegenden Riffe nicht wie bisher eine Senkung anzunehmen sein, sondern eine Hebung der Bank bis in den Bereich der riffbildenden Korallen.

Prof. Voeltzkow hielt daher die Feststellung einer eventuellen weitern Verbreitung jener Rifformation, wie er sie auf Aldabra gefunden hatte, für wichtig genug, um sie als Hauptzweck einer zweiten Reise nach Ostafrika in Erwägung zu ziehen, und dies führte ihn zur Aufstellung eines Planes für eine Prüfung dieser Verhältnisse in einem größern Gebiete, zu dessen Durchführung die Königl. Preuß. Akademie der Wissenschaften die Mittel bewilligte.

Die Reise wurde im Verlaufe von etwas über zwei Jahren programmäßig durchgeführt, und Prof. Voeltzkow hat nun in der Sitzung der Preuß. Akademie der Wissenschaften am 25. Januar d. J. den ersten Bericht über dieselbe gegeben.[1])

Das Ergebnis der geleisteten Arbeit läßt sich naturgemäß erst nach Jahren vollständig übersehen, da die wissenschaftliche Bearbeitung der Sammlungen eben erst begonnen hat.

Einige Ergebnisse von allgemeinem Interesse lassen sich schon jetzt angeben, und Prof. Voeltzkow hat sie in der oben genannten Sitzung der Kgl. Preuß. Akademie vorgetragen.

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1906. p. 125 ff.

Die dem Reiseplane zugrunde liegende Vorstellung von dem Aufbaue der Inseln des westlichen Indischen Ozeanes, mit der er die Reise antrat, hat volle Bestätigung erhalten, indem es nirgends gelungen ist, ein sich aus sich selbst in größerer Stärke aufbauendes lebendes Korallenriff zu finden. „Es erwiesen sich vielmehr die untersuchten Riffe ohne Ausnahme als Bestandteile mächtiger massiver Kalkbänke wechselnder Zusammensetzung, die durch eine Niveauverschiebung, hervorgerufen durch einen über den ganzen westlichen Indischen Ozean gleichmäßig ausgedehnten Rückzug des Meeres von geringem Betrage, trocken gelegt und durch die Gewalt der Wogen im Laufe der Zeiten bis zur mittlern Flut-Ebbezone abrasiert worden sind. Die auf diesen Riffen aus dem Meere hervorragenden Inselchen ließen sich in allen Fällen als letzte Reste des der Zerstörung anheimgefallenen Mutterriffes nachweisen und bilden mit ihrer Unterlage ein einheitliches Ganzes von gleicher Zusammensetzung wie diese.

Die an manchen Stellen sich vorfindenden Korallengärten, die ein Korallenriff vortäuschen, zeigten sich bei Prüfung ihres Untergrundes als sekundäre Gebilde, ohne jede nähere Beziehung zu dem Sockel, dem sie aufsitzen.

Ferner ist auf allen besuchten Inseln des westlichen Indischen Ozeanes auch nicht ein einziges Mal ein Fall zur Beobachtung gelangt, in welchem die Bildung einer Insel auf einem wachsenden Riffe in Betracht gekommen wäre. Stets fanden sich die Inseln nicht, wie bisher angenommen, aufgebaut durch Anhäufung von Bruchstücken und abgerollten und versinterten Bestandteilen eines lebenden Riffes, sondern in allen Fällen als letzte Reste eines trockengelegten und abgestorbenen und später abrasierten einst viel größern Riffes, emporstrebend aus der Strandterrasse, ein einheitliches Ganzes mit ihr bildend und am Fuße allmählich in dieselbe übergehend, kleinere isolierte Felsen häufig nur bisher erhalten geblieben infolge dichterer Zusammensetzung und größerer Stärke, aber auch sie unweigerlich einst der Zerstörung und dem Zerfalle anheimgegeben.

Dieser obenerwähnte Rückzug des Meeres muß geologisch vor sehr kurzer Zeit stattgefunden haben, vielleicht noch in historischer Zeit, wie sich aus dem Erhaltungszustande der Korallen und sonstigen kalkbildenden Bewohner dieser trockengelegten Riffe erkennen läßt. Gerade auf das Sammeln dieser rezent aussehenden Reste wurde besondere Sorgfalt verwendet, und es steht zu hoffen, daß es gelingen wird, durch Vergleich derselben mit den gleichfalls gesammelten lebenden Bewohnern des umgebenden Meeres einen Anhalt zu gewinnen für den Zeitpunkt dieser zwar nicht in bezug auf die Höhe, wohl aber auf Ausdehnung gewaltigen Niveauverschiebung.

Durch diesen Rückzug des Meeres findet auch die sich längs der Ostküste Madagaskars über etwa 600 *km* hin erstreckende Lagunenkette, deren Entstehung man bisher durch den Kampf der

Flüsse gegen die Brandung des Meeres und dadurch bewirkte Ablagerung der Sedimente in Gestalt langgestreckter Barren zu deuten versuchte, eine einfache Erklärung.

Es wurden nämlich bei der soeben erwähnten Niveauveränderung die der Küste vorgelagerten Riffe trockengelegt, erfuhren eine Überlagerung durch Sandwehen und sind in dem Meer und Lagune trennenden Landgürtel erhalten geblieben, während die Lagunen selbst nichts weiter darstellen als den Strandkanal des ehemaligen Küstenriffes.

Auch auf Ceylon ließ sich für die dortigen Lagunen die gleiche Art der Entstehung nachweisen.

Wenn, trotz gleicher Entstehungsweise durch einen Rückzug des Meeres, die Riffe und Inseln in ihren Küstenpartien häufig ein wechselndes Äußeres besitzen, so ist dies zurückzuführen auf die Verschiedenheit der Gezeiten, weil durch diese die Höhe der Steilküste bedingt wird.

Bei einem Gezeitenunterschiede von nur 1 *m*, wie auf Mauritius, muß sich natürlich eine andere Form der Steilküste herausbilden als bei einem solchen von 5 bis 6 *m* wie im nordwestlichen Teile des Indischen Ozeanes. Während im erstern Falle die Ausarbeitung der Steilküste nur eine unbedeutende sein kann, wird im zweiten Falle die Strandterrasse tiefer abrasiert, die Hohlkehle der Steilwand erreicht 3 bis 4 *m*, kurz, die beiden, durch gleiche Ursachen erzeugten Steilküsten werden ein wesentlich voneinander verschiedenes Bild darbieten. Es ist dies ein Punkt, der in Zukunft mehr als bisher geschehen in Betracht zu ziehen ist."

Über die Marshallinseln verbreitete sich Kapitän C. Jeschke.[1]) Sie zerfallen in zwei Gruppen, und es ist merkwürdig, daß beide Gruppen in ungefährem Abstande von 200 *km* parallel NW—SO verlaufen, daß fast sämtliche Atolle der beiden Gruppen ihre größten Ausdehnungen ebenfalls NW—SO haben, und daß die nördlichen und südlichen Endinseln der einzelnen Atolle bedeutend weniger steil abfallende Riffe haben, als die übrigen, so daß man sie in größerer Entfernung umschiffen muß.

Die südlichsten der Ratackgruppe (Ratack-Ost der Eingeborenen) ist das kleine Knox-Atoll, und 4 Seemeilen nördlicher davon das Mille-Atoll.

Das Arno-Atoll liegt 45 Seemeilen nördlich von Mille. Die Südinsel ist ein langgestrecktes, teilweise sehr dichtes Land, hier befinden sich auch die hauptsächlichsten Dörfer. Der Zugang zur Lagune wird durch vier Passagen an der nördlichen Seite des Atolles gebildet. Die östlichste Insel Langar schließt sich zu drei Viertel eines Kreises zusammen und könnte einen prächtigen Hafen bilden. Diese Insel

[1]) Petermanns Mitt. 1906. p. 270.

Langar ist das höchste und breiteste Land des Atolls (bis 7 *m* hoch und 500 *m* breit), sehr dicht bewachsen und bewohnt.

12 Seemeilen westlich von Arno liegt das Majuro-Atoll. Es erstreckt sich ungefähr 27 Seemeilen O—W und ist etwa 12 Seemeilen im Durchmesser N—S. Die gleichnamige Insel, welche das Südland des Atolls bildet, ist die längste zusammenhängende Insel der ganzen Gruppe. An ihrem Westende ist sie $^1/_2$ Seemeile breit und überall dick mit Palmen und Brotfruchtbäumen bestanden.

Im Norden von Majuro liegt 60 Seemeilen davon entfernt das kleine Aurh-Atoll. Die Hauptinseln sind in der Nordostecke die Insel Tabal, und im Südosten die Inseln (es sind deren drei) Aurh. Das Atoll hat die Form eines Parallelogramms, dessen Nord- und Ostseite durch eine Reihe von Inseln, von denen aber nur die Eckinseln bewohnt sind, gebildet werden. Die Süd- und die Westseite sind durch Riffe, in welchen sich drei Passagen befinden, abgeschlossen. Die Südwestecke des Atolls bildet eine kleine Gestrüppinsel Mummet. Das weiter nördlich gelegene Malolab-Atoll ist ungefähr 30 Seemeilen lang und 15 Seemeilen breit und rundum mit zum Teile sehr schönen großen Inseln umgeben, die aber nur schwach bevölkert und bepflanzt sind. Die im Norden der Lagune befindliche Insel Kawen ist die größte.

Etwa 50 Seemeilen nordwestlich von Malolab liegt Erikub und einige Meilen im Nhier von Wotje, beide Atolle sind von größerer Ausdehnung, deren Inseln aber nur mit Gestrüpp bewachsen und daher nur schwach bewohnt sind.

In gleichem Abstande von ungefähr 40 Seemeilen liegen im Nordwesten von Wotje das Likieb-Atoll, im Nordnordwesten die kleine Insel Jemo und im Norden das Ailuk-Atoll.

Ungefähr 40 Seemeilen östlich von Ailuk liegt die kleine Insel Mejit. Sie besteht aus zwei Teilen, von denen jeder ungefähr $1^1/_2$ Seemeilen lang und $^1/_2$ bis $^3/_4$ Seemeilen breit ist. Diese Insel erhebt sich viel höher (ungefähr 6 *m*) wie alle in der Nähe liegenden aus der See.

Die beiden Teile liegen N—S voneinander, zwischen ihnen befindet sich eine kleine Lagune von 250 *m* Durchmesser. Die Insel ist ringsum von einem sehr breiten Riffe umgeben (250 bis 350 *m* breit), welches sich an der Westseite an der Außenkante erhebt. Bei niedrigem Wasserstande ist der äußere Riffrand trocken, während sich zwischen diesem und dem Lande eine kleine Lagune befindet, in welcher 4 bis 6 *m* Wasser stehen.

Nördlich von Ailuk liegen die beiden kleinen Atolle Taka und Utirik. Das erstere ist unbewohnt, während auf Utirik 25 Menschen leben.

Nördlich davon liegt das unbewohnte Atoll Bikar, dessen südlichste Insel sehr groß, aber nur mit Busch bewachsen ist und hin und wieder zum Fange von Schildkröten besucht wird.

120 Seemeilen nördlich von Bikar liegt noch ein großes unbewohntes Atoll Taongi oder Gaspar Rico, welches wegen seiner Abgelegenheit niemals besucht wird.

Die südlichste Insel der Ralickgruppe ist das Ebon-Atoll. Es hat nur ungefähr 10 Seemeilen Durchmesser, ist aber fast ringsum von breiten, dicht bewachsenen und bevölkerten, herrlichen Inseln umgeben. Hier wächst alles. Den Eingang zur Lagune bildet eine enge Passage an der Südseite. Die nächste Insel Namorik, 60 Seemeilen nordwestlich von Ebon, ist fast ebenso groß wie Ebon, jedoch sind die beiden Inseln, welche das Atoll bilden, bei weitem nicht so breit wie auf Ebon. Die Lagune hat keine Einfahrt, wie bei Mejit befindet sich bei niedrigem Wasser zwischen Land und dem erhöhten äußern Riffrande eine Lagune, aber nur mit 2 bis 3 Fuß Wasser.

60 Meilen weiter im Osten liegt die kleine Insel Killi. Sie hat sehr schräg abfallende Riffe, so daß man um die ganze 75 *ha* große Insel Ankergrund hat. Das Land selbst ist stellenweise 6 bis 7 *m* hoch, aber trotzdem sumpfig.

Das 25 Meilen nach Nordosten gelegene Jaluit-Atoll ist Sitz der Regierung und der großen Handelsgesellschaft und steht alle zwei Monate in Postverbindung mit Europa (über Sydney und Hongkong).

In die Lagune führen drei gute Passagen, je eine im Südosten, Nordosten und Südwesten, so daß Ein- und Ausseglung bei jedem Winde möglich ist.

Im Nordwesten, 60 Meilen von Jaluit, liegt das Ailinglap-Atoll auch Ailing-lap-lap genannt. Nach der Lagune führen von allen Seiten schöne, breite Passagen.

10 Meilen nördlich von hier liegt die kleine Insel Jabwat, in ihrer längsten Ausdehnung NNW—SSO $^1/_2$ Seemeile lang.

Das Namu-Atoll, 25 Seemeilen nordwestlich von Ailinglap, hat an der Westseite zwei Durchfahrten und am Süd- und Nordende ein paar schöne, große Inseln.

30 Seemeilen westlich von Namu liegt die herrliche kleine Insel Lib oder richtiger Elib. Sie ist sehr hoch und hat in ihrer Längsrichtung O—W $2^1/_2$ Seemeilen bei ungefähr 1 Seemeile Breite. Die Lagune ist „ohne Boden", wie die Insulaner sagen, also so tief, daß diese mit ihren ungefähr 100 *m* langen Fischleinen keinen Grund erreichen können.

30 Seemeilen nördlich von Elib liegt das Kwadjelinn-Atoll, das größte der Marshallinseln. Es besteht aus vielen größern und kleinern Inseln, hat viele Durchfahrten, ist aber sehr schwach bevölkert, und nur einige Inseln sind mit Palmen bewachsen.

Ungefähr 40 Seemeilen westlich von hier liegt das herrliche kleine Lae-Atoll, als letztes der Marshallinseln im Jahre 1858 vom Missionarschoner „Morning Star" entdeckt. An der Westseite befindet sich eine Passage für kleine Schiffe. Das Atoll besteht aus 14 Inseln, es hat seiner Form und Größe nach Ähnlichkeit mit Namorik,

Weitere 30 Seemeilen nach Westen liegt Ujae, ein 20 Seemeilen langes und 6 Seemeilen breites Atoll, an dessen Westseite zwei Passagen kleinern Schiffen die Einfahrt erlauben. Die am Nord-, Ost- und Südende des Atolls liegenden Inseln sind 6 *m* hoch und sehr fruchtbar.

40 Meilen im Norden treffen wir auf das Wottho-Atoll. Im Westen sind zwei kleine Passagen.

Das kleine unbewohnte Ailinginae-Atoll wurde früher öfter von den südlichen Inseln aus zum Fisch- und Schildkrötenfange besucht. An der Westseite existiert eine Passage; die niedrigen Inseln sind nur mit Busch bewachsen. 60 Seemeilen nördlich von Wottho und 15 Seemeilen südlich von Rongelap liegt ein ungefähr 30 Seemeilen langgestrecktes Atoll, welches an seiner Ost- und Südseite ein paar größere Inseln aufweist, die aber nur spärlich mit Palmen bewachsen sind. An der Westseite bildet ein langes von der See überspültes Riff den Abschluß.

60 Seemeilen westlich von Rongelap liegt ein großes Atoll, Bikini. Die Inseln werden hin und wieder besucht, um Holz zu fällen. Sie sind mit Busch bewachsen, Palmen stehen nur vereinzelt.

Im Westen von Bikini, 180 Seemeilen entfernt, liegt das große Eniwetok-Atoll. Eigentümer der Insel ist die Jaluitgesellschaft, welche gewöhnlich alle sechs Monate ein Schiff hierhin sendet.

100 Seemeilen südsüdwestlich von Eniwetok liegt Ujelang. Dieses kann man ebenso wie Eniwetok seiner Lage nach kaum mehr zur Ralickgruppe rechnen.

Zu den Marshallinseln zählt man ferner, obwohl unrichtigerweise, die in 0° 26′ S und 166° 56′ O gelegene Insel Nauru. Diese ist ebenso wie das 160 Seemeilen östlich gelegene Paanopa (Ocean Island), eine gehobene Koralleninsel. Beide Inseln erheben sich zu einer Höhe von 70 bis 80 *m* und sind ziemlich gleichgroß (10 bis 12 Seemeilen im Umfange).

Die Maldeninsel, die nördlichste der Roggeveengruppe, einer Anzahl Laguneninseln im Großen Ozeane (zwischen 4 bis 12° südl. Breite und 150° bis 160° nördl. Länge), wurde von K. Klette beschrieben.[1]) Sie liegt weit von allen andern Inseln, mitten in der Südsee, nicht weit südlich vom Äquator und hat eine Länge von 14, und eine größte Breite von 6 engl. Meilen. Die höchste Erhebung ist 3 *m*, und man kann den Pazifischen Ozean, der sich ins Blaue verliert, von jedem beliebigen Punkte der Insel aus auf allen Seiten sehen. In der Mitte der Insel befindet sich ein kleiner See, ungefähr 2 Meilen im Umfange, dessen Bänke auf fast allen Seiten aus Schiebesand bestehen. An einigen Stellen ist der See ganz seicht, und der Boden sichtbar, an andern wieder ist die Tiefe eine unergründliche, und der Spiegel desselben steigt und fällt mit der Ebbe und Flut.

Die ganze Flora der Insel besteht aus drei Kokospalmen und

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1906. p. 442.

etwa einem Dutzend kleiner Bäume, die am nördlichen Teile der Insel vegetieren. Hier und da sieht man einige Stellen mit Gras bewachsen, doch ist dasselbe so arm, daß sogar wilde Ziegen es nicht anrühren wollen. Außer 60 bis 70 wilden Schweinen und wenigen Ziegen, Nachkommen von Tieren, die vor einigen Jahren liberiert wurden, ist das Tierreich nur noch durch Schwärme von Ratten und Katzen vertreten. Die letztern zeichnen sich durch besondere Wildheit aus. Wie die Schweine und Ziegen genügend Futter finden, um sich fortzufristen, ist tatsächlich ein Rätsel.

Das Interessanteste auf der Insel sind ohne Zweifel eine Anzahl von großen viereckigen Blöcken, die auf ungefähr 1 *m* hohen, aus Korallen gehauenen rohen Pfeilern ruhen. Jede dieser primitiven Stätten besitzt in der Mitte eine Art von Herd oder Altar. Diese Stätten lassen wie jene auf Easter Island auf ein hohes Alter schließen und sind die einzigen Spuren von frühern Einwohnern, welche die Insel bewohnt haben mußten, lange bevor sie von Weißen betreten wurde.

Die Insel besitzt unermeßliche Guanolager, und ist Guano das einzige Produkt dieser Insel, welches einen kommerziellen Wert hat. Das alleinige Recht zur Exploitierung dieser Lager besitzt ein Melbourner Handelshaus. Die Angestellten dieser Firma sind die einzigen Bewohner der Insel, und ist es deren Aufgabe, das wertvolle Düngemittel zu sammeln und für die Verschiffung vorzubereiten. Es leben zurzeit nur sieben Europäer auf Malden, unter deren Aufsicht ungefähr 100 Kanakas arbeiten, die hauptsächlich in Aitutaki und Niué rekrutiert werden.

Die Insel Sachalin schildert Joseph Joûbert in der „Revista Portugueza Colonial e Maritima". Im Frieden von Portsmouth hat Rußland den südlich vom 50. Breitengrade liegenden Teil der Insel an Japan abgetreten, so daß sich hinfort, wie schon einmal, beide Reiche in den Besitz der Insel teilen, und zwar beträgt der russische Anteil $^3/_5$, der japanische $^2/_5$ des Flächeninhaltes. Sachalin hat Mineralschätze, darunter auch Kohle, über deren Brauchbarkeit indessen die Urteile noch sehr auseinander gehen; im übrigen ist ihr Abbau noch sehr verbesserungs- und entwicklungsfähig. Die wichtigsten Kohlenbergwerke liegen bei Duï an der Westküste bei Alexandrowsk. Diese sind Rußland verblieben, ebenso wie die Petroleumquellen im Nordosten. Das Klima ist im allgemeinen rauh, die Temperatur des Januar geht bis auf — 21° herunter und steigt im Mai auf + 5°. So gleicht das Klima im Norden dem Lapplands und des südlichen Grönlands; im Süden ist es jedoch infolge des Einflusses des Kuroschiwo, des japanischen Golfstromes, milder. Trotzdem findet der Ackerbau keine Stätte, das Getreide kommt nicht zur Reife. Unter diesen Umständen bilden die Fische der Flüsse und des Meeres die wichtigste wirtschaftliche Hilfsquelle der Insel, die

namentlich Japan zugute kommt. Aus diesem Grunde vor allem wünschte Japan, ganz oder wenigstens halb Sachalin in seinen Besitz zu bekommen, abgesehen von den strategischen Vorteilen, die der Eigentümer der Südhälfte gewinnt. Forellen und Lachse sind in Menge vorhanden, der Hering erscheint zweimal im Jahre, im Frühjahre und Sommer, in fabelhaften Massen. Vor ein paar Jahren, als der französische Reisende Labbé Sachalin besuchte, gab es dort 250 Fischereien, von denen allein 100 auf Japaner, die übrigen auf Russen und Eingeborene zu gleichen Teilen entfielen; 600 Japaner sind im Fischereigewerbe an den Küsten beschäftigt, in Korsakowsk (heute japanisch) sind große japanische Firmen vertreten, und der Nutzen aus der Fischerei für Japan wurde schon vor dem Kriege auf 2 Millionen Yen jährlich angegeben. Die Vorteile, die Japan mit dem Besitze der Südhälfte erlangt hat, faßt Joûbert wie folgt zusammen: Der Süden ist der fruchtbarste Teil der Insel; das Klima ist dort weniger hart als im Norden; Japan wird Herr der La Pérousestraße und kann das Japanische Meer nach Belieben schließen und öffnen (die Friedensklausel, daß weder Rußland, noch Japan die Insel befestigen dürfen, ist dabei bedeutungslos); die Japaner erhalten die fischreichen Küsten, die für ihre Volkswohlfahrt ihnen unentbehrlich sind.[1])

Der Parallelismus der Inselketten Ozeaniens bildete den Gegenstand einer Studie von Dr. Th. Arldt.[2]) Der Parallelismus dieser Inselketten ist in manchen Fällen höchst augenfällig, natürlich ist er nicht mathematisch zu verstehen, und Dr. Arld tnimmt ihn als vorhanden an, wenn die Richtungen zweier Inselketten weniger als einen Strich der 32 teiligen Windrose, also weniger als $11^1/_4{}^\circ$ voneinander abweichen. Er unterscheidet folgende Bogen:

1. D e r i n n e r e I n s e l b o g e n. Ihm gehören in der Hauptsache die Gruppen Melanesiens und Neuseeland mit seinen Nachbargebieten an. Die äußere Grenze dieses Gebietes wird zunächst durch die Kermadec- und durch die Tongarinne bezeichnet, geht an der Curaçaonntiefe nördlich von den Inseln Fotuna und Rotumah vorbei und folgt von den Bänken nordwestlich der letztern Inseln an der 4000 *m*-Isobathe bis zu den Mapiainseln nördlich der Geelvinkbai. Innerhalb dieser Linie sind fast alle Vorkommnisse älterer Gesteine in Ozeanien eingeschlossen, ebenso die meisten in geschichtlicher Zeit tätig gewesenen Vulkane.

Dieser ganze Inselbogen ist nach Arldt als altes Festlandgebiet anzusehen. „Neumayr zieht allerdings auf seiner paläogeographischen Karte des Oxford die Kontinentalgrenze über die Neuen Hebriden nach Neuseeland; doch sind nach ihrem geologischen Aufbaue

[1]) Globus 1906.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906. p. 323.

die Fidschiinseln sicher ebenso kontinental als irgend eine andere Inselgruppe des innern Inselgürtels. Dann stellt dieses Gebiet jedenfalls eine Zone junger Faltungen dar, die sich an die Außenseite der paläozoischen Falten Australiens anschließen. Es ist allerdings sehr leicht möglich, daß ein Teil der alten Gesteine schon in karbonischer Zeit gefaltet waren. Die Hauptstörung hat aber jedenfalls erst in spätmesozoischer und tertiärer Zeit stattgefunden; dafür spricht die weite Verbreitung vulkanischer Erscheinungen, die selbst das jetzige Festland in Mitleidenschaft gezogen haben, wo im Faltengebirge ausgedehnte Eruptivmassen sich finden. Die melanesisch-neuseeländischen Ketten schließen sich demnach auch ihrer Entstehungsweise nach an die ost- und südasiatischen Gebirgsketten an, und auch auf der australischen Seite wie auf allen andern ist der Große Ozean von einem jungen Faltungsgürtel umgeben. Der melanesische Bogen besteht aus zwei Zügen, von denen der äußere stärker gewölbt ist. Die Ketten verzweigen sich nach Süden und treten weit auseinander, indem die innern an die Festlandsküste sich anlehnen, während die äußern sich fast geradlinig nach Südosten erstrecken. An den melanesischen Bogen schließt sich der neuseeländische und an diesen der südneuseeländische an. Alle drei Bogen erinnern an die ostasiatischen Inselbogen. Wie bei diesen liegen auf ihrer Innenseite tiefe Meeresbecken, das Korallenmeer, die Tasmansee und das Meer südlich von Australien. Der Einbruch dieser Becken, wie auch des Fidschibeckens ist jedenfalls ungefähr gleichzeitig mit der Faltung und mit den Eruptionen erfolgt. Bei diesen Einbrüchen ist jedenfalls Neuseeland mit seinen Nachbarinseln sehr früh isoliert worden, wie seine eigenartige Tier- und Pflanzenwelt beweist; am längsten blieben zweifellos die Salomonen kontinental, auf denen wir sogar noch ein Beuteltier finden. Auch jetzt stellen die genannten drei Tiefseebecken im melanesischen Gebiete Senkungsfelder dar, auch finden sich in der Umrandung aller drei tätige Vulkane. Am zahlreichsten sind diese in der Umgebung des Korallenmeeres, am seltensten in der der Tasmansee. Dies legt die Vermutung nahe, daß das erstere das jüngste der drei Becken sei, was nicht unmöglich ist, da es jünger sein muß als der melanesische Bogen, den es quer durchsetzt. Auch das Fidschibecken würde hiernach als jünger anzusehen sein als die Tasmansee. Immerhin ist dies eine noch sehr unsichere Hypothese, wenn auch die Verbreitung der Tiere ihr nicht gerade widerspricht.

Sind so die Randgebiete der Becken in Senkung begriffen, so erheben sich dafür die vorwiegend vulkanischen Gebiete, im äußern melanesischen Bogen Neumecklenburg, die Salomonen und die neuen Hebriden, sowie die Vatoainsel im Fidschiarchipel, im innern die Nordküste von Neuguinea, die Loyaltyinseln und vielleicht das Südende von Neukaledonien, im Neuseelandzuge die Tonga- und die Kermadecinseln, sowie die Ostküste Neuleesands. Aber auch in diesen Gebieten muß früher positive Strandverschiebung vorgeherrscht

haben, besonders bei den Salomonen, von denen Bougainville und Choiseul noch jetzt auf einem Sockel liegen."

2. Der äußere Inselbogen. Hierhin rechnet Dr. Arldt alle noch nicht betrachteten Inselgruppen Ozeaniens mit Ausnahme der Marianen, die durch ihre Richtung eine Sonderstellung einnehmen. „Das Gebiet dieses Inselbogens zeigt uns ein ganz anderes Bild als das des innern. Hier haben wir nicht mehr zahlreiche Reste alter Gesteine, nicht mehr dicht gedrängt die Zeugen vulkanischer Tätigkeit, die an vielen Orten jetzt noch nicht erloschen ist; der Meeresgrund bildet nicht mehr in der Hauptsache Tiefen bis zu 4000 *m*, in die einzelne Einbruchsbecken eingesenkt sind, deren Tiefe aber nur an einer Stelle der Tasmansee 5000 *m* überschreitet. Hier kennen wir fast nur koralline und jungvulkanische Inseln, doch ist bei den letztern bis auf wenige schon oben erwähnte Ausnahmen der Vulkanismus schon völlig erloschen. Die Sockel der Inselgruppen steigen mit einer einzigen Ausnahme aus Tiefen von über 4000 *m*, bei einigen sogar aus noch größerer Tiefe auf, und diese Tiefen sind ziemlich gleichmäßig über den weiten Raum verteilt, welchen die ozeanischen Inseln erfüllen.

Wenn wir die Richtungen dieser Fläche ins Auge fassen, so sehen wir, daß sie alle in ziemlich parallelen Zügen von Nordwest nach Südost streichen, daß sie also der Richtung der äußersten melanesischen Kette folgen und wie diese der südlichen Umbiegung der festländischen und der innern melanesischen Ketten nicht folgen. Wollen wir die Gesamtheit der Inselketten des Gürtels einteilen, so können wir ihrer Aufeinanderfolge uns anschließen. Einen ersten Abschnitt bilden die an Melanesien unmittelbar angrenzenden Gruppen, die mit diesem Gebiete von derselben 5000 *m*-Isobathe umschlossen werden, also Mikronesien ohne die Marianen, sowie die Ellice- und die Samoainseln. Daran schließen sich im östlichen Teile des Ozeanes die Cook- und die Tubuaiinseln. Einen zweiten gut charakterisierten Abschnitt finden wir in den Hawaiiinseln, und alle dazwischen liegenden Gruppen bilden den dritten."

Zusammenfassend bemerkt Dr. Arldt: „Der äußere Inselbogen erstreckt sich auf eine Ausdehnung, die einen Quadranten beträchtlich überschreitet, übertrifft also selbst die südamerikanischen Kordilleren um ein großes Stück. Wenn wir in ihm wirklich Faltenzüge zu sehen haben, so stellen diese selbstverständlich kein einheitliches Gebirge dar, ebenso wenig wie die Ketten Innerasiens. Wir können vielmehr verschiedene selbständige Gebiete unterscheiden, die aber auch wieder in Beziehungen zueinander stehen. Als solche Gebiete ergeben sich aus dem bisher Erörterten:

1. Der Palau-Karolinenbogen.
2. Die ostmikronesischen Ketten (Marshall-, Gilbert-, Elliceinseln).
3. Die ostpolynesischen Parallelzüge (Samoa-, Cook-, Tubuai-, Union-, Tahiti-, Phönix-, Manihiki-, Paumotu-, Gambierinseln).

4. Die Marquesasinseln.
5. Die zentralpolynesischen Sporaden.
6. Der Hawaiibogen.

Diese Gruppierung hat aber nichts mit der Genesis der Inselzüge zu tun; mögen sie Faltungsprozessen oder vulkanischen Eruptionen ihre Entstehung in erster Linie verdanken, so gibt diese Anordnung am besten ihre Verteilung über die ozeanischen Flächen wieder. Sind es Falten, so scheinen diese nur flach zu sein, den melanesischen Ketten parallel vorgelagert ähnlich den Parmas des Ural und den Uplifts der Appalachien. Wir können das aus der geringen Verbreitung des Vulkanismus im äußern Inselgürtel schließen. Dieser tritt nur dort auf, wo die Züge dem alten australischen Festlande (Palauinseln, Karolinen, Samoainseln) oder dem Paumotuplateau (Rarotonga, Tubuaiinseln, Tahitiinseln, Mangarewa, Pitcairn, Osterinsel, Marquesas) sich nähern, wo also eventuell eine Stauung der Falten hätte eintreten können. Im letztern Gebiete ist der Vulkanismus längst erloschen; im ersten ist er nur dort noch tätig, wo die polynesischen Ketten den melanesischen am meisten sich nähern, und wo auch dieNachbarschaft des Tongagrabens junge tektonische Störungen verrät. Eine Sonderstellung nehmen die Vulkanberge der Hawaiiinseln ein, die ja auch sonst von allen andern Vulkanen sich unterscheiden. Für die Tätigkeit dieser gewaltigsten aller Vulkane der Erde können wir vorläufig noch keinen stichhaltigen Grund angeben. Nach Ansicht einzelner Biogeographen hat auch hier einst ein größeres Land gelegen, das nach Amerika hin sich erstreckte, mit dem die Hawaiiinseln in Tier- und Pflanzenwelt manche Beziehung zeigen; doch ist diese Ansicht nicht genügend durch Tatsachen bekräftigt, um mehr als eine Hypothese ziemlich ungewisser Natur in ihr zu sehen. Jedenfalls sind die Inseln des äußern Inselgürtels in ihrer jetzigen Form durchgängig ozeanisch, d. h. sie haben nie in direkter Verbindung mit dem Festlande gestanden. Dafür spricht ihre außerordentlich ärmliche Fauna, wobei wir allerdings von den Palauinseln absehen müssen. Einheimische Landwirbeltiere sind nur die Geckonen von Hawaii, Tahiti und Paumotu, die fast universell verbreitet sind, und bei denen auch eine Übertragung durch Treibholz denkbar ist; ferner die Gymnophthalmiden, Eidechsen von sehr zerstreuter Verbreitung, und Kröten (Bufonidae) auf Hawaii. Alle diese Tiere zeigen Beziehungen zu Amerika, von wo auch die Strömungen nach unsern Inselgruppen führen, was sehr für die Drifttheorie spricht. Aus alledem ergibt sich, daß wir über die Entstehung der ozeanischen Inseln noch sehr im unklaren sind, daß aber doch der vorherrschende Parallelismus für eine einheitliche Ursache des Inselbildung spricht, die am einfachsten der Faltungsprozeß abgeben konnte."

„Sind," sagt zum Schlusse Dr. Arldt, „die Inselketten Polynesiens durch Faltenzüge veranlaßt, so müssen wir sie mit Sacco für sehr jung, vielleicht für die jüngsten Faltungen der Erdkruste

halten. Freilich erreichen diese angenommenen Faltenzüge eine Ausdehnung, wie wir sie sonst nirgends kennen; doch erklärt sich dies aus der gleichförmigen Grundlage, die von der Faltung betroffen wurde. Auf dem Grunde des Ozeanes konnten bei dem Mangel an stauenden Schollen keine so verwickelten Gebirgsanordnungen zustande kommen wie in Europa und Asien. Wo die faltende Kraft sich fast ohne Hindernis entfalten konnte, finden wir auch sonst schon die größten und gestrecktesten Bogen, wie den Birma-Sundabogen und die chilenischen Kordilleren und überhaupt die jugendlichen Gebirge Amerikas. Da die genannten Gebirge immer noch weniger unbeschränkt als ozeanische Ketten sich auffalten konnten, so ist es erklärlich, daß die Längenausdehnung der letztern die der Gebirge noch beträchtlich übertrifft, und daß auch der Verlauf der Ketten im ganzen viel geradliniger ist als bei den festländischen Erhebungen."

Quellen und Höhlen.

Die unterirdisch entwässerten Gebiete in den nördlichen Kalkalpen sind von Dr. Max Hoffer studiert worden.[1]) Dieser Versuch geht dahin, festzustellen, welche Gebiete in den nördlichen Kalkalpen unterirdische Entwässerung aufweisen, welche Kennzeichen und Ursachen in den einzelnen Fällen vorliegen, besonders aber, welche Größe die unterirdisch entwässerten Gebiete besitzen. Die Methode ist folgende: Die Generalkarte für Mitteleuropa im Maßstabe 1 : 200 000 ohne Schriftaufdruck, bloß mit Terraindarstellung und Flußnetz, zeigt die großen Unterschiede zwischen der Entwässerung in den Uralpen und der in den nördlichen Kalkalpen. Die aufgefundenen Gebiete unterirdischer Entwässerung in den nördlichen Kalkalpen wurden dann auf der Spezialkarte aufgesucht und auf Grund verschiedener Kennzeichen, wie karstartige Quellen, abflußlose Seen und dergl., genau umgrenzt und gemessen. Als Ursache war vor allem der Zusammenhang mit der Gesteinsart zu untersuchen, und hier sind zwei Haupttypen zu unterscheiden. In der östlichen Hälfte der nördlichen Kalkalpen ist der Dachsteinkalk, charakteristisch durch die nackten, allenthalben das Schichtstreichen offenbarenden Wände, vorherrschend. Wie auf allen reinen Kalkfelsen sickert das auf den Dachsteinkalk fallende Regenwasser leicht in denselben ein, um durch Spältchen, Sprünge und Kanäle in die Tiefe zu gelangen. Auch die Gutensteiner und Reiflinger Kalke nehmen das Wasser gierig auf, doch ist ihre gut geböschte Oberfläche dem Waldkleide förderlich. Anders steht es mit den Dolomitgesteinen. Der reine Haupt- oder Dachsteindolomit gehört eigentlich, wie Grunds Forschungen zeigen, gar nicht mehr zu den karstbildenden Gesteinen, sondern er zeigt oberirdische Entwässerung und reichliche Schutt-

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1906. p. 465.

führung wie andere undurchlässige Gesteine, nur versiegen eben in diesem Schutte sehr oft die Bäche. Auch gibt es vielfache Übergänge zum dolomitischen Kalke, welche mehr oder minder verkarstet sind. Um nicht diese verschiedenen Arten der unterirdischen Entwässerung zu vermengen, wurden bei den Messungen jene Bäche, die nach längerm oberflächlichen Laufe im Schutte verschwinden und dann wieder erscheinen, nicht in das Areal der unterirdischen Entwässerung einbezogen. Der Begriff derselben wurde enger umgrenzt und im wesentlichen nur auf die Erscheinungen im anstehenden, festen Gesteine angewendet, so daß die ermittelten Beträge für das abflußlose Areal als Minimalwerte zu betrachten sind.

Da für das in Betracht kommende Gebiet keine geologischen Karten größern Maßstabes zur Verfügung standen, sondern nur die bekannten Übersichtskarten von Noë und Hauer, war die Arbeit vielfach erschwert; mannigfache Ergänzung bot die Literatur, die nach Möglichkeit herangezogen wurde, und eine Kontrolle, besonders in strittigen Fragen, durch Untersuchungen an Ort und Stelle. Da diese bisher nur auf den östlichen Teil der nördlichen Kalkalpen ausgedehnt werden konnten, beschränkt sich die Arbeit auf dieses Gebiet.

Hoffer beschreibt zunächst die einzelnen Gebiete, von Westen nach Osten fortschreitend, worauf hier verwiesen werden muß, und zieht dann einige Schlüsse aus dem gewonnenen Materiale. Vorerst weist er darauf hin, daß das vorliegende Problem nicht nur rein wissenschaftlichen, sondern auch praktischen Wert besitzt. „Gewiß ist die Verkarstung an und für sich ein bedeutender Schaden für die davon betroffenen Gebiete, und jeder Kenner der Alpen weiß, daß wir in den Kalkalpen öde Steinwüsten in Höhen antreffen, in welchen die Uralpen noch saftige Matten, grüne Wälder tragen. Besonders ist der Mangel an Quellwasser die Ursache für das fast vollständige Fehlen ständig bewohnter menschlicher Ansiedlungen, und in den als abflußlos ausgemessenen Gebieten gab es nur wenige Almhütten, alpine Schutz- und Jagdhäuser. Aber einige Vorteile bietet die unterirdische Entwässerung dennoch. Man wird daran denken können, daß die unterirdischen Hohlräume und Wasserbehälter, die ja entschieden vorhanden, wenn auch gar nicht oder nur zum geringsten Teile menschlicher Beobachtung zugänglich, einen wirksamen Schutz abgeben gegen plötzlich entstehende Wildbäche mit ihren Vermuhrungen und Hochwässer. Es gibt ja auch in den Kalkalpen Wildbäche, und unter Überschwemmungen hat z. B. die Ausseer Gegend schon genug zu leiden gehabt. Die Verheerungen der Hochwasserkatastrophen der Jahre 1897 und 1899 waren gar gewaltige, aber bei den kolossalen Regenmengen wären sie in Gebieten undurchlässigen Gesteines gewiß noch viel ärger ausgefallen. Die Wassermassen, die infolge starker Regengüsse oder Schneeschmelze — oft fällt beides zusammen — im undurchlässigen Gesteine plötzlich und auf einmal in den da viel zu kleinen Bachbetten hinunter-

stürzen, verteilen sich im Innern eines Kalkgebirges in den vielen Gängen und Röhren, ja sie mögen sich auch oft anstauen und fließen daher langsamer ab. Unzweifelhaft hohen praktischen Wert besitzen aber die nur in den Kalkalpen so mächtigen Quellen, die berufen sind, als Genußwasser für die Städte eine immer größere Rolle zu spielen. Sie liefern nicht nur eine viel größere Wassermenge als Quellen in undurchlässigem Gebiete, sondern sie sind auch, was ebenso wichtig ist, viel gleichmäßiger infolge der unterirdischen Systeme, und auch viel reiner, da sie nicht soviel feste Bestandteile mit sich führen, sondern meist nur Kalk in aufgelöstem Zustande. Es sei erwähnt, daß Salzburg im Fürstenbrunn eine solche Kalkalpenquelle besitzt und vor allem Wien seit 40 Jahren über das beste Trinkwasser aller Großstädte verfügt; bald wird dem jetzt schon in trockenen Sommern stark fühlbaren Wassermangel abgeholfen sein durch die Zuleitung jener gewaltigen Wassermassen, welche die Natur auf den weiten Flächen des Hochschwab sammelt und aufspeichert.

„Ist das besprochene Gebiet auch ein räumlich recht beschränktes so ließen die gepflogenen Untersuchungen doch einige wissenschaftliche Ergebnisse mit Sicherheit feststellen. Analog der eigentümlichen Wasserwirtschaft, wie sie nach Grunds Forschungen im Karstgebiete herrscht, können wir auch in den gewaltigen Plateaus der nördlichen Kalkalpen das Vorhandensein eines Grundwasserspiegels annehmen, der in bezug auf seinen Umfang und seine Neigung von dem geologischen und tektonischen Aufbaue abhängig ist, in bezug auf Höhe aber von den Niederschlagsverhältnissen, respektive der Jahreszeit, und daher stark veränderlich. Die Schichten, welche die Kalkstöcke unseres Gebietes aufbauen, fallen mit geringen Ausnahmen nach Norden ein, und daher haben wir vorzugsweise am Nordrande die großen, andauernd starken Quellen wie Waldbachstrub, Krumme Steyr, Piesling, Siebenseen, Kläfferbrünne usw. Natürlich darf man nicht außer acht lassen, daß Quellen am Nordabhange an und für sich konstanter sind als die an andern Seiten, besonders an den Südabhängen gelegenen, infolge der langsamern Schneeschmelze. Besonders wichtig sind aber die Aufbruchlinien, welche die ganzen nördlichen Kalkalpen durchziehen, denn sie sind es, die den Werfener Schiefer und andere wasserundurchlässige Schichten der ältesten Trias zutage förderten und so die Ursache gaben für die Entstehung von Tälern. Der Wechsel des Gesteines ist das wichtigste Moment für das Auftreten von Quellen. Die Unterlage der Stöcke wird wohl durchaus von undurchlässigen Schichten gebildet. Die Folge davon ist überall ein der Schichtneigung folgender Grundwasserspiegel; er senkt sich gegen die Flüsse hin, die ja zum größern Teile ihr Dasein auch nur dem undurchlässigen Gesteine verdanken. So muß das Grundwasser entweder unmittelbar den Fluß selbst nähren oder knapp oberhalb desselben zutage treten, geradeso wie an den Küsten

der Karstgegenden an vielen Stellen die Bäche heraustreten, um nach einigen Metern ins Meer zu münden. Diese Erscheinung finden wir besonders am Nordrande des Hallstätter Sees, im Salza- und Schwarzatale. Besonders lehrreich ist das Hochschwabgebiet, indem wir da eine gewisse Höhenlinie für den Grundwasserspiegel feststellen können, Die Quelle bei Weichselboden liegt etwa 690 *m*, die bei Kläfferbrunn 660 *m*, die im Brunnseegebiete 650 *m* hoch, also ein konstantes Fallen nach Westen. Dann aber ist durch den Einschnitt des Siebenseebaches — glaziale Moränen haben ihn aufgestaut — der Austritt bei einer bedeutend höhern Lage ermöglicht, bei über 800 *m*; ebenso liegt die benachbarte Schreierklammquelle 750 *m* hoch. Daß die Höhe des Grundwasserspiegels sich nicht gleich bleibt, sieht man aus folgenden, an anderer Stelle ausführlich besprochenen Erscheinungen: Der Hirschbrunn und der Kessel füllen sich oft und strömen über, der Wasserstand der Siebenseen steigt auch oft bedeutend; in den Kläfferbrunnen tritt das Wasser oft viel weiter oben heraus, auch beim Pieslingursprunge erkennt man höhere Wasser marken, vor allem aber zeigte das Quellengebiet der Krummen Steyr, daß den größten Teil des Jahres die Quellen einem tiefern Niveau entspringen, während nach starken Regengüssen oder größerer Schneeschmelze der Grundwasserspiegel derart erhöht wird, daß schon bedeutend höher aufwärts an den Fugen und Spalten zwischen den Schichten das Wasser zutage tritt. Der Hauptunterschied zwischen den Alpen und dem Karste liegt darin, daß in erstern der Grundwasserspiegel höher oder wenigstens nicht tiefer liegt als die Flüsse, und daß so die ganze Entwässerung, ob ober oder unter der Erde, dem allgemeinen Gefälle folgt. Dazu kommt der Einfluß der in manchen Gegenden starken eiszeitlichen Vergletscherung. Wenn nun manche Gebiete in den nördlichen Kalkalpen ganz durchsetzt sind von Aufbruchlinien und dem sie begleitenden Werfener Schiefer, so fressen die auf letzterm sich entwickelnden Täler durch rückschreitende Erosion in die Kalkstöcke hinein; es bilden sich die eigentümlichen Formen der Sacktäler (z. B. Brunnsee, Hölle usw.). Die chemische Erosion und die Denudation bekommen nunmehr ein kleineres Arbeitsgebiet, können daher um so kräftiger in die Tiefe arbeiten, und aus dem ursprünglich zusammenhängenden Plateau wird eine Reihe von Einzelstöcken, zwischen denen sich Talsysteme entwickeln. Das sieht man besonders im westlichen Teile der Hochschwabgruppe. Dieser Prozeß gibt uns auch Aufschluß über die Zukunft der unterirdisch entwässerten Gebiete, deren Umfang im allgemeinen den von den Plateaus eingenommenen Flächen entspricht oder nahekommt. Im Innern der Stöcke arbeitet die Erosion ununterbrochen an der Aushöhlung, die Spalten, in denen das Wasser zirkuliert, werden zu Höhlen erweitert, die oft einstürzen und so Dolinen entstehen lassen; oder es bilden sich cañonartige Täler und Klammen; von außen greift rückschreitende Erosion an. So werden die Flächen unterirdischer

Entwässerung immer kleiner, und die Flußsysteme denen der Uralpen immer ähnlicher. Die einzelnen, zwischen den Bächen übrig gebliebenen Reste des ehemals gewaltigen Plateaus werden dann nach und nach abgetragen, denn unablässig arbeiten die exogenen Kräfte daran, die Unebenheiten der Erdoberfläche vollständig auszugleichen."

Die Thermengebiete Islands hat Dr. W. v. Knebel studiert.[1]) Dort sind die geologischen Verhältnisse klarer zu erkennen als in unsern dicht bewirtschafteten Gebieten. Der „große Geiser" besteht aus einem senkrechten, 30 *m* tiefen Naturschachte von 2,5 *m* im Durchmesser, welcher oben in ein flaches Becken einmündet. Siedendes Wasser erfüllt das ganze Rohr, sowie das Becken und gelangt an den Rändern des letztern zum Überfließen. Der Wasserandrang aus der Tiefe ist im allgemeinen ein geringer. Nur von Zeit zu Zeit finden Ausbrüche statt, bei denen eine Fontäne siedenden Wassers von 2 bis 3 *m* Dicke bis zu einer Höhe von 60 *m* und darüber emporgeschleudert wird. Nach einem solchen Ausbruche ist fast der ganze Quellschacht des Geisers ohne Wasser, und man kann beobachten, wie das Wasser allmählich emporsteigt, bis es nach einigen Stunden das Becken wiederum erfüllt hat und schließlich wieder an dessen Rändern abläuft. Nach Verlauf einer gewissen Zeit ereignet sich ein neuer Ausbruch in der angegebenen Weise. Die Wasser der verschiedenen Thermen des Geisergebietes vereinigen sich zu einem kleinen, ständig fließenden Bache. Diese Ausbrüche sind, wenigstens am großen Geiser, völlig unberechenbar. (An vielen andern, z. B. jenen des Yellowstone-Nationalparkes, sind die Intervalle zwischen den einzelnen Eruptionen regelmäßige, so daß man mit Suess von einem „Pulsieren" der Quellen reden kann.) Unabhängig von Jahreszeit und Stunde finden hier in regelloser Aufeinanderfolge die Ausbrüche statt. Sie können daher nicht als eine Folge des hydrostatischen Druckes aufgefaßt werden, da dieser sich doch ständig in gleicher Weise äußern müßte.

Für die Anwesenheit heißen Gesteins nahe der Oberfläche haben die geologischen Verhältnisse keine Anhaltspunkte geliefert: Der Geiser liegt am Nordrande eines großen Tieflandes, welches den Süden Islands bildet und von vielen und wasserreichen Flüssen durchströmt wird. Nördlich und westlich vom Geiser erhebt sich ein viele Kilometer breites Gebirgsplateau, bestehend aus alten vulkanischen Tuffen, jenseits dessen einige jüngere Laven auftreten. Im Süden und Osten breitet sich eine weite, sumpfige Ebene aus, welche in der Ferne von niedrigen Höhenzügen abgegrenzt wird. Jenseits derselben ist die Spitze des 45 *km* entfernten Hekla zu erblicken. Nirgends in der Nähe sind Spuren jüngerer vulkanischer Tätigkeit vorhanden, als deren Folge das Geiserphänomen hierselbst auftreten könnte.

---

[1]) Naturw. Rundschau 1906. Nr. 12.

Am Westrande des Laugarvatn (Thermensee), zwischen dem Thingvallavatn und dem Geiser belegen, treten aus einer Reihe von kreisrunden Kieselsinterbecken in ziemlich gleichmäßigem Rhythmus alle 2 bis 3 Minuten aufsprudelnd siedende Quellen zutage. Die ganze Umgebung ist stark versumpft, und die Quellen selbst sind noch ganz im Bereiche des Grundwassers. Die Sinterbecken, aus welchen die Thermen hervorsprudeln, sind vom Grundwasser völlig überflutet, so daß man hier die Beobachtung machen kann, wie das aus der Tiefe aufbrodelnde, kochende Wasser gleichsam mit dem gewaltig andrängenden Grundwasser kämpft. Man wird hier unbedingt den Eindruck erhalten, daß es sich um ertrunkene Geisers handelt. In unmittelbarer Nähe der Thermen des Laugarvatn sind ebenfalls keine Spuren junger vulkanischer Tätigkeit vorhanden.

Vom Laugarvatn 24 *km* halbsüdwärts nach Osten gelangt man über eine weite sumpfige Niederung hinweg nach der Farm Gröf. Auch hier befinden sich zahlreiche heiße, wenn auch nicht siedende Quellen. Sie sind ungefähr längs einer geraden Linie angeordnet, welche auf eine geradlinig verlaufende Spalte schließen läßt. Ein kleiner Bach kreuzt zu wiederholten Malen die ziemlich wasserreiche Thermenzone. Die Farm ist auf einer aus ältern vulkanischen Tuffen gebildeten Anhöhe gelegen, die von den Thermalquellen geschnitten wird. Da, wo vom Bache der Durchschnitt der Thermenspalte durch die vulkanischen Tuffe aufgeschlossen ist, kann man die Wahrnehmung machen, daß hier das ganze Tuffgebirge äußerst reich an Grundwasser ist, welches überall am Gehänge hervorrieselt. Wenige Meter neben diesen naturgemäß kalten Quellen entspringt in gleicher Höhenlage mit diesen heißes Wasser. Auch hier bei Gröf haben wir den Fall wie bei allen bisher genannten Gebieten heißer Quellen: Sie entspringen im Grundwasser, wo also auch ohnedies Quellen auftreten würden."

Das gesamte in Rede stehende Gebiet ist immerhin noch als ein jungvulkanisches anzusehen, wenn auch in unmittelbarer Nachbarschaft der Thermen keine Ausbrüche stattgefunden haben. Verf. schildert dann ein Thermengebiet, das weitab von allen jüngern vulkanischen Bezirken gelegen ist. Unfern des Skagafjords im Norden Islands steigen die heißen Wässer von Reykir im Skagafjordarsysla empor. Das gesamte Basaltgebirge Islands ist ungemein wasserreich. Viele Tausende von Bächen und Wasserfällen stürzen allerorts aus den steilen Felswänden dieser Gebirgsart. Namentlich wasserreich sind aber die Spalten, wie dies ja überall der Fall ist.

Analoge Verhältnisse, wie die geschilderten bei Reykir im Nordland, finden sich auch in andern Gebieten der Insel, so das große Thermengebiet nordöstlich vom Borgarfjord, dem nördlichern der beiden Kücsteneinschnitte der Faxabucht. Auch hier ist nach Keilhack das ganze Gebiet in Spalten zerlegt, auf welchen die Thermalquellen aufsitzen.

Die beiden zuletzt genannten Gebiete sind seit tertiärer Zeit überhaupt völlig frei von vulkanischen Erscheinungen geblieben.

Die bisher besprochenen heißen Quellen befinden sich allesamt noch im Niveau des Grundwassers. Oft geht der Grundwasserspiegel bis über die Quellöffnung (z. B. am Laugarvatn) in manchen Fällen nur bis an den Quellschacht (z. B. am Geiser) — allemal aber kann das Grundwasser Zutritt zu den heißen Quellströmungen haben.

Für das Studium der Thermen selbst ist der Zutritt des Grundwassers naturgemäß ein höchst lästiges Hindernis. Der Verfasser hatte aber auch in solchen Gegenden Beobachtungen anstellen können, in denen nur wenig Grundwasser auftritt. So an dem nur sehr selten besuchten Kap Reykjanes, dem äußersten Ende der südwestlichen Halbinsel. Dort befindet sich ein großes Solfatarenfeld, in dessen Umgebung zahlreiche, noch ziemlich junge Deckenlavaergüsse vorhanden sind, unter welchen inselartig die Unterlage, ein altes vulkanisches Tuffgestein, zutage tritt. Letzteres führt nur sehr wenig Grundwasser, da die geringen Niederschlagsmengen an der Oberfläche des Tuffes unter der ihn größtenteils verhüllenden klüftigen Lava dem nahen Meere zufließen.

Diese geologisch ältern vulkanischen Tuffe werden von heißen Dämpfen durchbrochen, welche das Gebiet in eins der schauervollsten Solfatarenfelder verwandelt haben. Aus der Tiefe steigen schweflige Dämpfe auf, als deren Produkt sich gelber Schwefel niederschlägt und Gips, zweifellos juveniler Entstehung. Die vielen Hunderte von Dampfsäulen, welche aus zahllosen Öffnungen des Bodens ausströmen, bestehen zum größten Teile aus Wasser.

Verfasser steht nicht an, das Wasser, das jene Solfataren zutage fördern, als juveniles zu betrachten. Von eben diesem Wasser werden enige Pfuhle gebildet, in welchen das zu einem graugelben Schlamme zerkochte, mit Schwefel vermengte Gestein widerliche Dämpfe ausstoßend brodelt. Aber die Menge des juvenilen Wassers ist so gering, daß auch nicht ein einziger, noch so kleiner Wasserlauf gebildet wird, sondern alles Wasser noch innerhalb des Solfatarenbezirkes verdunstet.

Dem Verfasser sind aus eigener Anschauung noch drei weitere der bedeutendsten Solfatarengebiete des Landes bekannt: die Solfataren von Krísuvík, von Reykjahlid und von Theistareykir.

Als Ergebnis seiner Untersuchungen betont Verfasser, daß die juvenil gebildete Wassermenge, welche in vulkanischen Gebieten infolge der langsamen Entgasung glutflüssigen Magmas der Erde entströmt, doch nur eine sehr geringe ist. Durch Erdbeben kann die juvenile Zufuhr vorübergehend vergrößert werden, ohne aber daß dadurch eine wesentliche Änderung entstünde. Aber nur dann, wenn in den Bereich der überhitzten Dämpfe und des heißen Erdbodens, den diese durchströmen, Grundwasser einzutreten imstande ist, nur dann scheinen sich jene großen Thermengebiete bilden zu können.

Durch genau die gleichen vulkanischen Vorgänge entstehen, nach dem Gesagten, in einem grundwasserfreien Gebiete Solfataren, in einem grundwasserreichen Gebiete aber Thermen. Die Thermen können wir somit als im Grundwasser ertrunkene Solfataren, die Solfataren aber als trockene Thermen auffassen.

Das Wasser der Thermen Islands besteht demnach größtenteils aus Grundwasser; es enthält aber stets juvenile Beimengungen."

Der Geiser in Atami (Japan) unterscheidet sich von den andern Geisern durch die große Regelmäßigkeit seiner Eruptionen, die in abwechselndem Emporschleudern von heißem Wasser und Dampf bestehen, das gewöhnlich fünfmal nacheinander erfolgt. Die ursprünglich senkrechte Öffnung wurde später mit einem Haufen von Steinen bedeckt, so daß jetzt nur drei Öffnungen frei sind, aus denen das ausgeworfene Wasser durch Leitungen mehrern Badeanstalten zugeführt wird. Das Wasser hat einen stark salzigen Geschmack und enthält etwa $^1/_2$% Chlornatrium. Die Mündung des Geisers ist nicht weit von der Meeresküste entfernt und liegt etwa 22 *m* über dem Meeresspiegel.

Die Eruptionen treten gewöhnlich fünfmal in 24 Stunden ein. Während der Ruhezeit sieht man nur eine kleine Menge Dampf aus der Mündung aufsteigen. Wenn die Zeit der Eruption naht, hört man ein unterirdisches Poltern; das siedende Wasser erscheint an der Mündung, sinkt zurück und erscheint wieder, und dies wiederholt sich etwa $^3/_4$ Stunden lang. Dann fließt intermittierend eine kleine Menge heißen Wassers aus; hierauf folgt ein unterbrochener Strom einer mäßigen Menge in einer längern Periode. Bald wird das Maximum erreicht; ein Strom heißen Wassers wird mit allmählich wachsender Gewalt in einen heftigen Guß zerrissen und mit großer Geschwindigkeit von dem Dampfe fortgeschleudert, der allmählich zunimmt, während das Wasser abnimmt. Wenn das rollende Geräusch des Dampfes sein Maximum erreicht, verschwindet das Wasser fast ganz. Dann nimmt der Dampfstrahl ab und wird bald von einem zweiten Wassergusse gefolgt. Nachdem sich dies fünf- bis sechsmal wiederholt hat, endet die Tätigkeit mit dem letzten Dampfstrome, der allmählich zu der unbedeutenden Menge des Anfanges herabsinkt. Die Ruhezeit beträgt durchschnittlich etwas weniger als drei Stunden. Diese regelmäßigen Vorkommnisse werden oft von einem abnormen Ausbruche, der „Nagawaki" genannt wird, abgelöst, bei dem das Wasser und der Dampf unaufhörlich etwa 12 Stunden lang herausströmen, und dem in der Regel eine lange Ruhe folgt. In den Jahren, die reich an dieser Anomalie waren, kam sie fast monatlich vor, während sie in den letzten Jahren nur ein- oder zweimal beobachtet wurde.

Zur Anstellung exakter Detailbeobachtungen unternahmen K. Honda und Terada eine Exkursion nach Atami und stellten daselbst

selbstregistrierende Instrumente auf, deren Aufzeichnungen die nachstehenden Tatsachen ergeben haben.[1])

Eine regelmäßige Eruption besteht aus drei getrennten Serien, die in Periode und Kraft sich unterscheiden und sich sehr regelmäßig folgen. Die erste Serie, mit der die Eruption beginnt, besteht in dem Erscheinen einer kleinen Menge Wasser in einer durchschnittlichen Periode von 1 Minute und 40 Sekunden. Nachdem dies sich mehrmals wiederholt hat, beginnt die zweite Serie, bei der eine mäßige Menge Wasser drei- oder viermal herauskommt, mit einer Periode von 6 Minuten im Mittel. Die Menge und Gewalt des Wassers nimmt zu, bis zuletzt die dritte oder Hauptserie einsetzt, die sich von den frühern durch die Heftigkeit und Menge von Wasser und Dampf auszeichnet. Das Wasser und der Dampf folgen sich gewöhnlich fünf- oder sechsmal mit einer mittlern Periode von 11 Minuten.

Die anormale Eruption, Nagawaki, wurde vom Instrumente zum ersten Male am 14. Januar 1905 um $4^h\ 30^m$ vormittags verzeichnet und entwickelte sich aus der vierten Eruption der dritten Serie. Zwei oder drei Tage vorher schien die Periode der sich folgenden Eruptionen etwas kleiner geworden zu sein, aber in einem Grade, wie dies öfter ohne folgenden Nagawaki vorkommt. Der Nagawaki begann ganz plötzlich inmitten einer gewöhnlichen Eruption. Das Ausfließen von heißem Wasser setzte sich ohne Unterbrechung fort, nahm allmählich an Menge ab und mischte sich mit Dampf; um $7^h\ 30^m$ p. kam er plötzlich zur Ruhe. Um $2^h\ 40^m$ a. des 15. begann ein intermittierendes Fließen von heißem Wasser, ähnlich der zweiten Serie einer gewöhnlichen Eruption, und hielt etwa drei Stunden an. Nach einer Ruhe von vier Stunden setzten die gewöhnlichen Eruptionen mit kürzern Perioden und verminderter Lebhaftigkeit ein; ihre Zahl war täglich zehn, während die gewöhnliche Anzahl fünf ist. Die Häufigkeit wurde langsam kleiner, und erst nach einem Monate wurde der gewöhnliche Wert erreicht. Der zweite, ganz ähnliche Nagawaki stellte sich am 26. Mai ein. Beide begannen in der gleichen Phase der gewöhnlichen Eruption zu fast derselben Tagesstunde, als ein Luftdruckminimum von dem Pacific sich näherte.

Aus den längern Beobachtungsreihen ist zu entnehmen, daß niedriger Luftdruck die Eruption des Geisers verzögert und hoher sie beschleunigt. Die Temperatur betrug in der Tiefe von 1.5 *m* unter der Mündung fast unveränderlich 103 bis 104°; an der Mündung selbst 100°. Die Geschwindigkeit des Wassers an der Mündung betrug 1.5 bis 2 *m* in der Sekunde, die des Dampfes 18 bis 24 *m*. Die Menge des in einer Eruption ausgeschleuderten Wassers wurde auf 500 *kg* geschätzt. Das Bohren mehrerer Brunnen in der Nähe des Geisers (im ganzen 20) veränderte die Häufigkeit der Eruptionen; das Niveau in den nahen Brunnen zeigte regelmäßig ein Steigen beim

[1]) The Physical Review 1906. **22**. p. 300.

Ausbruche und ein Sinken während der Ruhe des Geisers; Gezeiten und Luftdruck sind gleichfalls, aber schwach bemerkbar.

Zur Erklärung der Erscheinungen genügt keine der vorhandenen Geisertheorien. Die Beobachter geben eine solche, die sie auch durch ein entsprechendes Modell unterstützen. Man denke sich eine Höhle A in beträchtlicher Tiefe, ein vertikales Rohr a, das von ihr zur Oberfläche führt und einen Kanal b, der das Wasser nach A leitet. Zwischen A und a befinde sich ein Seitenkanal c, der nach einer andern Höhle führt. Die Temperatur des Wassers in a und c sei niedriger als der Siedepunkt. Das Wasser in A wird von der Höhlenwand, die viel wärmer ist als der Siedepunkt, erhitzt. Wenn die Spannung des Dampfes in der Höhle einen kritischen Wert erreicht, wird das Wasser ausgeworfen, und der Dampf folgt. Ist eine bestimmte Dampfmenge entwichen, so sinkt der Druck im Rohre so stark, daß das Wasser aus dem Seitenkanale einfließt und momentan die Eruption unterbricht. Bald wird der Druck der Wassersäule nach unten von der Dampfspannung überwunden, und der zweite Guß erfolgt. Diese Eruptionen wiederholen sich mehrere Male, bis der Dampfdruck so verringert ist, daß das verhältnismäßig kältere Wasser von b und von c zufließen kann. So ist die Tätigkeit für einige Zeit unterdrückt, bis die nächste Eruption beginnt. Mit dem Modelle konnten viele Erscheinungen der Eruption nachgeahmt werden. Die anormale Eruption (Nagawaki) erklären die Beobachter durch eine gelegentliche Steigerung der Bodentemperatur; auch für diese gab das Modell eine Nachahmung der meisten Einzelheiten. Die Ursache dieser gelegentlichen Temperaturveränderungen vermuten die Beobachter in Änderungen der unterirdischen Vulkantätigkeit.[1])

Blasen der Brunnen. Mit diesem Namen bezeichnet man das Ausströmen von Luft aus Brunnen zu gewissen Zeiten. Viele derartige Brunnen gibt es in Nebraska, doch kommen sie auch im südlichen Louisiana vor. Die Kraft des Luftstromes über einem der Louisianischen Bohrlöcher ist so stark, daß ein darüber gehaltener Hut in der Luft schweben bleibt. Die Ursache solcher Erscheinungen wird hauptsächlich den Schwankungen im Luftdrucke zugeschrieben. Wenn das Barometer über einem Gebiete stark fällt, oder wenn, mit andern Worten, ein Minimum darüber hinwegzieht, so wird die Luft aus den Bohrlöchern ausgetrieben. Steigt der Luftdruck wieder, so wird das Blasen allmählich schwächer, bis sich der Luftstrom schließlich sogar umkehrt, die Luft also in das Bohrloch hineingesogen wird. Auch Verschiedenheiten in der Luftwärme an der Oberfläche und im Boden selbst können ähnliche Wirkungen hervorbringen. Füllen sich die Zwischenräume zwischen den Körnern des

---

[1]) Naturw. Rundschau 1906. p. 462.

Sandes, Kieses oder der sonstigen Bodenart, in die das Bohrloch getrieben ist, mit Wasser, so ist die „Atmung“ weit weniger bemerkbar. Die geologische Landesuntersuchung der Vereinigten Staaten hält die Naturerscheinung für bedeutsam genug, um eine öffentliche Aufforderung zur Mitteilung aller Beobachtungen zu erlassen, die von irgend jemand über ein derartiges Verhalten von Bohrlöchern und Brunnen gemacht worden sind. Verwandte Erscheinungen sind auch bei uns zu beobachten, nämlich das Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels mit dem Luftdrucke. Bei hohem Luftdrucke dringt die Luft weit tiefer in den Erdboden hinein, und sie entweicht wieder, sobald der Luftdruck nachläßt.

Gasbrunnen in Ungarn. Der zentrale Teil Ungarns besteht aus zwei beckenförmigen Ebenen, und viele der tertiären Sandschichten enthalten gewaltige Lager von Torf und andern Überresten der Vegetation, im allgemeinen in Tiefen von 1000 bis 1500 Fuß unter der Erdoberfläche. Infolge der natürlichen Beschaffenheit der genannten Ebenen befindet sich das Wasser in diesen Schichten unter einem erheblichen Drucke, so daß es mit Gewalt aus Bohrlöchern die man dort abteuft, empordringt. Durch den Druck und die Einwirkung des erwärmten Wassers sind die vegetabilen Substanzen vergast worden, und das Gas entweicht gleichfalls aus den Bohrlöchern. Bisher hat man natürliches Gas an fünf verschiedenen Stellen in Ungarn angetroffen; zuerst im Jahre 1887 bei Karczag in einer Tiefe von 885 Fuß. Ein Bohrloch von 12 Zoll Weite lieferte 60 Kubikfuß Gas in der Stunde, zusammen mit einer großen Menge Wasser. Ergiebigere Gasquellen hat man bei Arad entdeckt; zwei Gasbrunnen lieferten zusammen 200 Kubikfuß Gas in der Stunde, das zu Leuchtzwecken verwendet wurde. In Mezahegyes, in demselben Distrikte, hatte ein Bohrloch von 1500 Fuß Tiefe, 4 Zoll Durchmesser am untern Ende und lieferte 60 Kubikfuß Gas und 150 Kubikfuß Wasser. Ähnliche Anlagen gibt es noch mehrere in Ungarn.[1])

Der gegenwärtige Standpunkt der wissenschaftlichen Höhlenkunde ist in einem von Dr. W. v. Knebel verfaßten Werke dargelegt.[2]) Die Hauptergebnisse sind folgende:

Höhlen waren zu allen Zeiten bekannt, aber der erste, welcher von Forschungsgeist geleitet den Höhlen seine Aufmerksamkeit zuwandte, war im 18. Jahrhundert der Pfarrer Esper in Franken. Ihm folgte der Leipziger Professor der Heilkunde J. Christian Rosenmüller, der 1805 zusammen mit Tillesius eine „Beschreibung merkwürdiger Höhlen“ herausgab, in der beide Erklärungen über die Entstehung von Höhlen mitteilen, die heute keinerlei Wert besitzen. Wichtige Höhlenfunde in Deutschland, England und Frank-

---

[1]) Chemiker-Zeitung, Repertorium 1906. p. 34.

[2]) Höhlenkunde mit Berücksichtigung des Karstphänomens. Braunschweig 1906.

reich, die zu Beginne des 19. Jahrhunderts gemacht wurden, haben Cuvier, Goldfuß und Buckland bei ihren paläontologischen und osteologischen Forschungen wichtiges Material geliefert. Später hat W. Boyd Dawkins in England sich mit der anthropologischen und paläontologischen Seite der Höhlenforschung erfolgreich beschäftigt. Von neuern Forschern sind zu nennen: Dr. Adolf Schmidt, J. Cvijic, Alfred Grund, E. A. Martel, Franz Kraus.

Die Höhlenkunde (Speläologie) bildet einen Abschnitt der Oberflächenmorphologie des Erdballes. Das typische Höhlenland ist der Karst; die „Karstphänomene" stehen mit den Höhlenphänomenen in engem Zusammenhange und sind davon nicht zu trennen. In vorgeschichtlicher Zeit waren die Höhlen Aufenthaltsorte von zum Teile heute ausgestorbenen Tieren, dann auch der Urmenschen, und die Knochenreste dieser prähistorischen Bewohner, welche sich in einzelnen Höhlen fanden, haben zuerst die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Höhlen gelenkt.

Die Ursache der Höhlenbildung ist das Wasser, welches mechanisch oder chemisch zerstörend auf die Gesteine wirkt; nur ausnahmsweise kommen Höhlen vor, die nicht vom Wasser geschaffen sind, und die Fr. Kraus als ursprüngliche Höhlen bezeichnet. Die mechanische Zerstörung der Gesteine oder die Erosion, eine Folge fließender oder sonst bewegter Wasser, spielt bei der Höhlenbildung im allgemeinen nur eine geringe Rolle, weit bedeutender ist in dieser Beziehung die chemische Wirkung des Wassers, die Korrosion. Beide Kräfte setzen im Gesteine stets an den Stellen geringsten Widerstandes ein, nämlich an den das Gestein durchsetzenden Spalten und Klüften. Sie werden von dem in die Tiefe dringenden Wasser zu Höhlen erweitert, wenn die Beschaffenheit des Gesteines zur Höhlenbildung günstig ist. Dies sind, wie die Beobachtungen ergeben haben, in erster Linie die Kalk- und Dolomitgesteine, und zwar sind von diesen besonders solche reich an Höhlen, welche keine Schichtung in dünne Gesteinslagen aufweisen. Die Eruptivgesteine sind im allgemeinen höhlenfrei, mindestens höhlenarm; und in den stromförmig ausgebrochenen Laven sind häufig Höhlungen vorhanden. Wo Eruptivgesteine an Steilküsten dem Anpralle der Meeresbrandung ausgesetzt sind, finden sich bisweilen Strandhöhlen. Ganz anders verhalten sich den höhlenbildenden Kräften gegenüber die Sedimentgesteine. „Zwar," sagt Dr. v. Knebel, „führen Gneise, Schiefergesteine, Quarzite und manche Sandsteine ebenso wenig Höhlen als die Eruptivgesteine, und zwar aus den gleichen Gründen: Große mechanische wie chemische Widerstandsfähigkeit. Ebenso sind Konglomerate, Sande, Tone nicht zur Höhlenbildung geeignet, weil ihre Beschaffenheit eine allzu lockere ist, als daß große Hohlräume in ihnen entstehen könnten; sie würden einstürzen. Anders aber verhalten sich die in Wasser, namentlich in Kohlensäure führenden, verhältnismäßig leicht löslichen Gesteine: Kohlensauerer Kalk, Dolomit, Gips, Salz. In ihnen vermag das auf Spalten in die Tiefe rieselnde Wasser sehr wohl durch Auflösung des Gesteines Hohlräume zu schaffen. Nur wachsen in Gips und Steinsalz die so gebildeten Höhlen derart schnell in die Breite, daß sie, kaum entstanden, wieder zusammenbrechen, während in dem schwerer löslichen Kalke und Dolomite die Höhlen nur sehr langsam sich vergrößern und infolgedessen lange Zeiträume hindurch erhalten bleiben, bis auch sie naturgemäß schließlich einstürzen müssen. Daher finden sich auch die weitaus meisten Höhlen in Kalk- und Dolomitgebirgen. Die chemische Natur des Kalkes, bzw. Dolomites ist es also, welche der Höhlenbildung günstig ist. Darum ist aber nicht jedes Kalk- und Dolomitgestein höhlenführend. Es kommt noch ein weiteres hinzu: Die Sedimentgesteine sind zumeist aus zahlreichen übereinander lagernden Schichten aufgebaut. Auch die meisten Kalksteine und Dolomite lassen eine Schichtung erkennen. Höhlen können sich aber, wie die Beobachtung zeigt, nur in den Kalken und Dolomiten bilden, welche aus dicken Bänken bestehen, oder besser noch in denen, welche gar keine Schichtung aufweisen. Denken wir uns in einem dünnbankigen Gesteine eine Höhle entstehen, so werden gar leicht, sobald die Höhle in die Breite wächst,

die dünnen Gesteinslagen von der Decke herabbröckeln und somit einen Einsturz der Höhle veranlassen, während umgekehrt dicke Bänke von Gestein derart fest gegeneinander geklemmt sind, daß ein Einbruch viel schwieriger ist. Trotzdem finden solche Höhleneinstürze, wie wir später sehen werden, auch in dickbankigen Gesteinen statt.

Aus der Beobachtung über das Vorkommen von Höhlen lernen wir zweierlei:

1. Die Höhlen finden sich in ganz überwiegender Menge in solchen Gesteinen, welche von Wasser verhältnismäßig leicht gelöst werden können, also Kalk, Dolomit, Gips, Salz. In den am leichtesten löslichen Gesteinen, Salz und Gips, werden sie jedoch niemals alt, weil ihr Wachstum ein allzu schnelles ist, so daß sie, kaum entstanden, wieder zusammenbrechen. Die Höhlen beschränken sich also zumeist auf Kalk- und Dolomitgebirge.

2. Das Gestein, in welchem Höhlen sich bilden, kann kein dünngeschichtetes sein; am geeignetsten sind dickbankige oder massige Kalk-, bzw. Dolomitgesteine."

Da zur Höhlenbildung hauptsächlich erforderlich ist, daß das Gestein vom Wasser chemisch angegriffen werden kann, es ferner zerklüftet sein muß, damit das Wasser in die Tiefe dringen kann, so ist einleuchtend, daß das Höhlenphänomen nicht allgemein verbreitet sein kann, sondern auf diejenigen Gegenden beschränkt bleiben muß, wo die genannten Bedingungen zutreffen. Da, wo aber dieses der Fall ist, kann man geradezu von Höhlengebieten sprechen.

In diesen Höhlengebieten ist die hohe Zerklüftung des Gesteines das äußerlich am meisten charakteristische Merkmal. Denn infolge hoher Zerklüftung des Felsuntergrundes eines Gebietes können die Wasser der atmosphärischen Niederschläge nicht, wie es sonst der Fall ist, oberirdisch in größern oder kleinern Rinnsalen abfließen, sondern werden vielmehr, von den Klüften aufgenommen, auf diesen in die Tiefe dringen. Anstatt der Entwässerung nach der Horizontalen tritt also in den stark zerklüfteten Höhlengebieten eine nach der Vertikalen ein.

Einem Höhlengebiete fehlt daher fließendes Wasser; es ist überhaupt wasserarm und infolgedessen zumeist unfruchtbar.

Wenn die Zerklüftung eine geringere ist, so daß die Spalten zur Aufnahme der gesamten Niederschlagsmenge nicht völlig ausreichen, so kann neben der Entwässerung nach der Vertikalrichtung auch die nach der Horizontalrichtung vor sich gehen. In solchen Gebieten haben wir den Übergang eines typischen Höhlengebietes mit „Vertikalentwässerung" zu einem normalen Gebiete, dessen Entwässerung in der Horizontalen erfolgt.

Durch den andauernd sich vollziehenden Vorgang der Höhlenbildung werden die schon vorhandenen Klüfte immer mehr erweitert, so daß die „Klüftigkeit" des Gesteines ständig wächst. Hierdurch wird bewirkt, daß auch in den Gebieten, welche geteilte Entwässerung besitzen — also solche nach der Horizontalen sowohl, als auch nach der Vertikalen — die letztere auf Kosten der erstern in stetiger Zunahme begriffen ist. Das Endergebnis dieses Vorganges ist, daß die Klüftigkeit des Gesteines schließlich so groß wird, daß eine horizontale Entwässerung selbst bei den heftigsten Niederschlägen nicht mehr eintritt, sondern alles Wasser in die Tiefe sinkt.

Der ganze Prozeß des Überganges von der Horizontalentwässerung zur gemischten und von dieser zur alleinigen vertikalen können wir als „Verkarstung" bezeichnen, nach dem Karstgebirge so genannt, in welchem das Endergebnis des Verkarstungsvorganges am reinsten zu beobachten ist.

Die Karstlandschaft bildet sich stets da aus, wo die vertikale Entwässerung an Stelle der horizontalen getreten ist. Karstgebiete sind also stets Gebiete, in welchen die Niederschläge nicht ober-, sondern unterirdisch zum Abflusse gelangen.

Zugleich mit dem Wasser werden auch die von ihm mitgerissenen Bodenbestandteile in die Tiefe geschwemmt. Daher kommt es, daß die Verwitterungs-

produkte des Bodens, welche anderwärts die Ackerkrume bilden, im Karste fehlen, so daß an der Oberfläche der unbedeckte Fels zurückbleibt, und die Landschaft zuweilen den Charakter einer Felswüste hat.

Die Einschwemmung des verwitterten Gesteinsmateriales in die Felsspalten des Karstes ist nun ein Vorgang, welcher der Höhlenbildung entgegenarbeitet. Und dennoch ist gerade im Karste das Höhlenphänomen ganz besonders ausgebildet; ja es sind sogar alle die eigenartigen Karstphänomene als unmittelbare Folgeerscheinungen der reichen Höhlenbildung anzusehen. Dies erklärt sich leicht dadurch, daß die Höhlenbildung schneller vor sich geht als die Ausfüllung: Das Wasser führt wohl Material von der Oberfläche in die Tiefe, aber es bildet gleichzeitig durch Korrosion einen Hohlraum in dem Gesteine, welcher im allgemeinen größer ist als das Volumen der eingeschwemmten Masse. Hierin liegt auch ein weiterer Grund für das Fehlen der Höhlenphänomene, bzw. Karstphänomene in solchen Gesteinsarten, welche in Wasser unlöslich oder nur sehr schwer löslich sind. Denn wenn solche Gesteine auch von noch so zahlreichen Klüften durchzogen sind, so werden ihre Spalten dennoch bald von eingeschwemmtem Materiale erfüllt sein, weil die Höhlenbildung in ihnen nicht mit der Einschwemmung gleichen Schritt halten kann.

In den höhlenführenden Gesteinen nimmt die Verkarstung daher ständig zu, während in andern Gesteinen, selbst wenn in solchen infolge hoher Zerklüftung karstähnliche Verhältnisse einstmals geherrscht haben, diese „Pseudo“-Verkarstung abnimmt.

In den Karstphänomenen zeigt sich also eine Reihe von Erscheinungen, welche zueinander in direktem Abhängigkeitsverhältnisse stehen:

1. „Die Zerklüftung in einem in Wasser löslichen Gesteine, besonders in Kalk- oder Dolomitgesteine.

2. Die Erweiterung der Klüfte durch die lösende Kraft des Wassers und die Entstehung der Höhlen.

3. Fortschwemmung der Verwitterungsprodukte des Bodens in die Spalten, wodurch die kahle Felsoberfläche der Karstlandschaft bewirkt wird.

Alle diese drei genannten Erscheinungen im Karste sind durch die vertikale Entwässerungsrichtung bedingt. Diese ist es auch, welche ein

4. Karstphänomen hervorbringt, die unterirdischen Flüsse. Denn die Wasser, welche in die Tiefe rieseln, vereinigen sich vielfach zu unterirdischen Wasserläufen, auf welche wir zurückkommen werden.

Schließlich gehören zur Reihe der Karstphänomene

5. die Dolinen, das sind trichterförmige Einsenkungen, welche oft zu vielen Hunderten geschart vorkommen und teils als Einbrüche von Höhlen, teils als erweiterte Abzugslöcher der vertikal nach unten gerichteten Entwässerung anzusehen sind. Die Dolinen bilden neben den Höhlen und unterirdischen Wasserläufen die wichtigsten der Karstphänomene.

Ein weiteres, 6. Karstphänomen würden die hinsichtlich ihrer Entstehung vielfach noch recht strittigen Kesseltäler oder Poljen bilden. Dieselben stellen wannenförmige Talsenkungen dar, an deren Boden oftmals fließendes Wasser sich befindet. Diese Täler sind auf allen Seiten vom Gebirge abgeschlossen, so daß das in ihnen befindliche Wasser unterirdisch — in Höhlenflüssen — zum Abflusse gelangt. Die Kesseltäler stehen mit dem gesamten Karstphänomen in so engem Zusammenhange, daß wir ihnen deswegen ganz besondere Beachtung schenken müssen, obwohl sie keineswegs in allen Karstgebieten vorkommen.“

Wo wie in den Karstgebieten die Vertikalentwässerung allein herrscht oder vorwiegt, dringt das Wasser in die Tiefe, bis es auf undurchlässiges Gestein trifft, und dieses bildet die Basis des Grundwassers. Infolge der Zuflüsse von oben steigt letzteres, bis es in einer natürlichen Depression die Oberfläche erreicht, und tritt dann hier als Quelle zutage. Gewöhnlich liegen mehrere oder auch viele Quellen in ungefähr gleicher Höhenlage, und man spricht dann von einem Quellhorizonte. v. Knebel definiert diesen als die Schnittlinie

der Erdoberfläche mit dem Grundwasserspiegel. Da das in den Quellen zutage tretende Wasser zu dieser hinströmt, und also diese Strömung des Grundwassers in horizontaler Richtung erfolgt, so ist die Vertikalentwässerung in Wirklichkeit auch eine Horizontalentwässerung ,welche sich nur nicht an der Oberfläche, sondern in der Tiefe vollzieht. Man kann die Vertikalentwässerung daher auch als Tiefenentwässerung bezeichnen und sie von der horizontalen oder Oberflächenentwässerung trennen. „Beide Entwässerungsarten unterscheiden sich dadurch, daß bei der Horizontalentwässerung der größere Teil der Wassermassen nahezu in der Horizontalen abfließt, während der kleinere Teil zuerst vertikal in die Tiefe dringt, um dann aber wiederum in der Horizontalen sich zu bewegen. Im Gegensatze zur Horizontalentwässerung haben wir bei der Vertikalentwässerung zuerst vorherrschende, oft sogar alleinige Entwässerung in der Vertikalen, dann in der Tiefe wieder eine solche in der Horizontalen. In Gebieten mit Vertikalentwässerung fließen die Niederschläge ganz oder größtenteils in der Tiefe ab; in Gebieten mit Horizontalentwässerung ganz oder größtenteils an der Oberfläche.

Ein weiterer Unterschied zwischen Gebieten mit Vertikal- und Horizontalentwässerung liegt in der wechselnden Höhenlage des Grundwasserspiegels bei der erstern und der nahezu konstanten Höhenlage der letztern Entwässerungsart. Dies findet seine Erklärung darin, daß in Höhlengebieten mit Vertikalentwässerung das gesamte Wasser in die Tiefe dringt und infolgedessen den Grundwasserspiegel um ein beträchtliches zum Steigen bringt, — während in andern Gebieten, wo das Wasser größtenteils oberirdisch abfließt, große Veränderungen in der Höhenlage des Grundwasserspiegels kaum eintreten können. Die großen Unterschiede in den Niederschlagsmengen der einzelnen Jahreszeiten können sich also in den Gebieten mit Horizontalentwässerung nicht in gleichem Maße durch die Höhenlage des Grundwasserspiegels aussprechen, als in Höhlengebieten mit Vertikalentwässerung. Höhlengebiete zeichnen sich also stets durch größere Niveauschwankungen des Grundwasserspiegels aus."

Das meteorische Wasser vermag, wie bemerkt, die Gesteinsmassen der Kalkgebirge verhältnismäßig leicht aufzulösen, und zwar wenn es Kohlensäure enthält unter Umständen die zehnfache Menge an Gesteinssubstanz, welche das reine Wasser löst. Was vom Kalke gilt, gilt auch vom Dolomite, daher auch dieser als Karstgestein angesehen werden muß. So ist das große Dolomitgebirge der Fränkischen Schweiz ein echtes Karstgebirge und das größte Höhlengebiet Deutschlands. „Es hat sich," bemerkt v. Knebel, „ergeben, daß jedes Liter eines dem Kalk-, bzw. Dolomitgebirge entströmenden Wassers im Mittel von etwa 0.25 *g* gelöste Substanz enthält. In den Karstgebieten enthält somit 1 *cbm* Quellwasser $^1/_4$ *kg* an gelöster Gesteinssubstanz. Da das spezifische Gewicht des Gesteines etwa 2.6 ist, so beträgt das Volumen von $^1/_4$ *kg* 0.000 096 *cbm*. Die Quantität des Wassers, welches einer Quelle entströmt, ist meist in „Sekundenlitern" (n) angegeben. Man muß daher die Zahl n mit dem Gewichte a der in 1 *l* Wasser gelösten Gesteinsmenge (ausgedrückt in Grammen) und der Anzahl der Sekunden eines Jahres multiplizieren, um die Gesteinsquantität Q zu ermitteln, welche von der Quelle alljährlich dem Gebirge entzogen wird. Er ist also dann $Q = n \cdot a \cdot 31\,536$ *kg*. Wie bereits gesagt, beträgt a durchschnittlich 0.25; es ist mithin im allgemeinen $Q = n \cdot 7884$ *kg*.

Ohne weiteres ist hieraus zu ersehen, daß die Größe Q eine recht bedeutende ist. So entzieht z. B. der Timavo, jene Riesenquelle, welche am Rande des Krainer Karstes nordwestlich von Triest hervorbricht und durchschnittlich nicht weniger als 2 300 000 *cbm* pro Tag — also 26 620 Sekundenliter — führt, dem Gebirge im Jahre 210 000 000 *kg* Gestein. Die dem unterirdischen Zuzugsgebiete der Timavoquellen alljährlich entzogenen 210 000 000 *kg* Gesteinsmaterial nehmen ein Volumen von 80 700 *cbm* ein. Es bilden sich somit innerhalb des Zuzugsgebietes der Timavoquellen Jahr für Jahr Hohlräume, deren Gesamtvolumen über 80 000 *cbm* beträgt, welche also den Raum eines

Würfels von 43 *m* Kantenlänge einnehmen würden. Die größte Quelle Deutschlands befindet sich im Gebiete des Schwäbischen Jura, und zwar am Südrande desselben; es ist die Quelle der Hegauer oder Radolfszeller Aach, welche nach kurzem Laufe in den untern See sich ergießt. Die Aachquelle entführt dem kalkigen Juragebirge im Durchschnitte etwa 7000 Sekundenliter Wasser und pro Tag nicht weniger als 151 000 *kg* Gestein. Im Jahre beträgt somit der unterirdische Substanzverlust des Gebirges etwa 55 000 000 *kg* (1 102 300 Ztr.). Da je 52 Ztr. 1 *cbm* des Gesteinsvolumens entsprechen, so müssen sich alljährlich im unterirdischen Zuzugsgebiete der Aachquelle Hohlräume bilden, deren Gesamtvolumen etwa 21 000 *cbm* beträgt."

Die Karstgesteine enthalten aber auch unlösliche Bestandteile, welche an der Oberfläche die eisenhaltige rote Erde (Terra rossa) und im Innern der Gebirge den Höhlenlehm bilden, der sich oft in beträchtlicher Menge vorfindet. Bei der Verdunstung der eingedrungenen Sickerwasser, welche nichts anderes sind als gesättigte Lösungen von Kalk oder Dolomit, findet Neuausscheidung statt in Gestalt von Kalksinter oder Höhlensinter. Dadurch entstehen die oft sehr phantastisch geformten weißen Tropfsteine. Die Tropfsteinbildung ist also von dem Umstande abhängig, ob in der Höhle Verdunstung eintreten kann oder nicht. Dieser Umstand erklärt auch in einfachster Weise, warum jene Höhlen, welche größere Wasseransammlungen enthalten oder von Flüssen durchströmt werden, an Tropfsteingebilden so arm sind oder gar ihrer völlig entbehren.

Stalaktiten werden die von der Höhlendecke herabhängenden eiszapfenartigen Kalkausscheidungen genannt, Stalagmiten die ihm vom Boden aus entgegenwachsenden. Nach v. Knebel wird ungefähr ein Drittel dessen, was das Wasser unter normalen Verhältnissen vom Gesteine zu lösen imstande ist, im Gebirge selbst wieder als Höhlensinter ausgeschieden, während zwei Drittel in das Grundwasser übergehen.

Die Zeitdauer einer Tropfsteinbildung aus den Dimensionen der letztern zu berechnen, ist unzulässig, ebenso wenig ist es möglich, Zahlen für das Alter einer Höhle zu ermitteln, während allerdings das geologische Alter derselben sich manchmal bestimmen läßt. Während die chemische Kraft des Wassers die Korrosion, für sich genügt, um die Entstehung der Höhlen zu erklären, ist die Erosion, die mechanische Tätigkeit des Wassers, keine höhlenbildende Kraft, sondern vermag sich nur, und zwar in seltenen Fällen, mit der Korrosion zu summieren. „Es beruht daher," sagt v. Knebel, „auf Irrtum, wenn die Erosion, wie man in den meisten Lehrbüchern, welche Höhlen überhaupt erwähnen, lesen kann, zu den höhlenbildenden Kräften gezählt wird. Ja, die Erosion ist nicht nur kein höhlenbildender Faktor, sondern sie ist im Gegenteile sogar ein die Höhlen ausfüllender — ein höhlenvernichtender Faktor.

Die Erosion vermag zuweilen gewisse Teile einer Höhle zu erweitern. Da sich das abgetragene Material aber zumeist im Innern der Höhle wieder sammelt und dort ein größeres Volumen wie ehemals einnimmt, als es noch festes Gestein war, so bedeutet die lokale Erweiterung einer Höhle durch Erosion in Wirklichkeit eine Verengung des gesamten Höhlenraumes.

In solchen Fällen aber, wo die Sedimentation nicht in der Höhle erfolgt, wie es z. B. in den sogenannten Durchgangshöhlen, den natürlichen Tunneln, der Fall ist, da kann allerdings auch die Erosion wirklich höhlenbildend oder, besser gesagt, höhlenerweiternd wirken. Aber dies ist selten der Fall, denn die weitaus meisten Höhlen enden blind im Gesteine. Das durch die Erosion entfernte Material muß daher in der Höhle selbst zur Sedimentation gelangen. Bezüglich der unterirdischen Flußläufe weiß man ferner, daß ihr Bett oft derart eingeengt, dann wieder stark erweitert ist, daß die Fortschaffung des durch Erosion entfernten Materiales auf größere Strecken unmöglich ist. Folglich werden auch diese Höhlen durch die Erosion in Wirklichkeit eingeengt."

Die verschiedenen Höhlenbildungen bringt v. Knebel in zwei Hauptabteilungen: Sickerwasserhöhlen und Flußwasserhöhlen. Erstere sind durch

Sickerwasser entstanden, das auf Spalten und Klüften mehr oder minder vertikal in die Tiefe rieselt und durch seine Lösungskraft auf diesem Wege höhlenbildend wird; letztere sind kanalartig gestaltete Höhlen von verhältnismäßig geringer Breiten- und Höhenerstreckung, aber von oft sehr bedeutender Länge. Die Sickerwasserhöhlen sind weit größer als die Flußwasserhöhlen. Da die erstern wegen ihrer Tropfsteingebilde die schönern sind, werden sie von Touristen mehr aufgesucht als die kahlen Wasserhöhlen, in welche ein Eindringen zuweilen auch mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Letztere sind aber geographisch wie geologisch die weitaus interessantern, und v. Knebel geht spezieller auf sie ein, besonders auch indem er neue Gesichtspunkte für ihre niemals eingehend erklärte Entstehung erörtert. Zunächst behandelt er das Problem der Höhlenflüsse, besonders mit Bezug auf die Karstflüsse. Auf der Karsthochfläche findet man eine Reihe größerer Depressionen, Poljen oder Kesseltäler genannt, deren viele von einem Flußbette durchzogen sind, das aber nur so lang ist als das Kesseltal selbst. Am Rande desselben verlieren sich die Wasser entweder in Höhlen, oder sie rieseln zwischen engen Felsspalten in die Tiefe. Man nennt diese Abzugsventile Schlundlöcher, Sauglöcher oder Ponore, letzteres ein südslavisches Wort, das als wissenschaftlicher Fachausdruck sich eingebürgert hat. Ob das Wasser im Innern des Gebirges als zusammenhängender Fluß oder in Klüften verteilt als Grundwasser weiterfließt, läßt sich zunächst nicht sagen, wo es in einer andern Depression des Bodens wieder zutage tritt, zeigt es sich gewöhnlich als größerer Fluß, und dieses Hervortreten wird mit dem Namen Riesenquelle oder Vauclusequelle bezeichnet.

Das wichtige Problem der Entstehung der Höhlenflüsse und des unterirdischen Verhaltens derselben wird von Dr. v. Knebel sehr eingehend erörtert, und er faßt das Ergebnis seiner Studien wie folgt zusammen: „Eine Quelle übt vermöge ihrer oft sehr heftigen Strömung eine Saugwirkung aus; die Saugkraft des Quellstromes wirkt zunächst auf die ihm benachbarten Grundwassermengen. In diesen pflanzt sie sich fort. In den Zonen, in welchen die Zerklüftung am stärksten ist, in den Zerklüftungszonen, fließt das Grundwasser zum Quellstrome hin, es wird zum Grundwasserstrome, und dieser durch seine höhlenbildende Tätigkeit endlich zum Höhlenflusse. Der Höhlenfluß bewegt sich dann nicht mehr infolge der Saugkraft der Quellströme, sondern er fließt durch die Schwerkraft. Die Saugkraft aber, die eine Quelle oder ein Höhlenfluß auszuüben vermag, hört mit zunehmender Verkarstung auf.“

Im weitern behandelt v. Knebel die Dolinen und die bisherigen Erklärungsversuche derselben, sowie ihre Bedeutung für die Entstehung der Täler. In gewissen Fällen sind sie geradezu als Talanfänge zu betrachten. Von besonderm Interesse ist die Schilderung der wichtigsten Höhlengebiete in Europa und Nordamerika. Als größte bekannte Höhle gilt noch immer die Mammuthöhle in Kentucky, deren zahlreiche und sehr verästelten Gänge zusammen etwa 48 *km* Länge besitzen sollen, während von den größten europäischen Höhlen die Grotte von Adelsberg nur 7 und die Planinagrotte nur 5 *km* Gesamtlänge ihrer Verzweigungen aufzuweisen haben. Von deutschen Höhlen sind zu nennen die durch ihren Reichtum an fossilen Knochen bekannte Gailenreuther Höhle und die Sophienhöhle im Fränkischen Jura, die Baumannshöhle im Harze. Als weit bekannte Strandhöhlen sind die Fingalshöhle auf Staffa und die blaue Grotte auf Capri erwähnt. Das blaue Licht in dieser letztern erklärt sich aus dem Umstande, daß die sehr kleine Eingangsöffnung, die nur wenig hoch über dem Seespiegel liegt, nur geringe Lichtmengen ins Innere dringen läßt, während in der Tiefe, unter dem Meeresspiegel, sich eine sehr große Öffnung befindet, und das Licht, welches die Höhle erleuchtet, als zerstreutes Tageslicht aus dem blauen Meereswasser durch diese submarine Öffnung kommt. Eine ähnliche, aber kleinere blaue Grotte findet sich auf der Insel Busi an der Küste von Dalmatien.

Was die Temperaturverhältnisse in den Höhlen anbelangt, so zeichnen sie sich durch große Konstanz aus, und die Temperatur entspricht im allgemeinen der mittlern Temperatur des Ortes, an welchem die Höhlen sich befinden. Ausnahmen finden statt bei Höhlen, welche eine gute Ventilation besitzen, bei sehr tief gelegenen Höhlen und bei den sogenannten Eishöhlen. Letztere sind eigentümliche Erscheinungen, für welche die sonderbarsten Hypothesen aufgestellt worden sind. v. Knebel erklärt sie auf einfache Weise. Nach seiner Ansicht bilden sie sich aus den gewöhnlichen Höhlen stets da, wo infolge von örtlichen Verhältnissen zur Winterszeit Eis in der Höhle entsteht, und die Sonnenwärme nicht imstande ist, dasselbe völlig wegzuschmelzen. Damit letzterer Fall eintritt, muß sich die Höhle in die Tiefe erstrecken, so daß die kältere schwerere Luft sich am Boden ansammeln kann, während die leichtere weit wärmere Höhlenluft emporgetrieben wird. Auch darf keine starke Ventilation stattfinden. Sinkt die Außentemperatur unter den Gefrierpunkt, so wird auch die Höhlenluft so weit abgekühlt, daß die Sickerwasser zu Eis erstarren. Die Eisbildung in Höhlen ist nach v. Knebel an folgende vier Hauptbedingungen geknüpft:

1. Lage der Höhle in einem Gebiete mit Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes.
2. Sackförmige Gestalt der Höhle mit beträchtlicher Vertikalerstreckung, so daß kalte schwere Luft in die Tiefe dringen kann.
3. Fehlen der Ventilation.
4. Schwache Zufuhr von Wasser, welche nur dazu ausreichen darf, die Bildung neuen Eises zu veranlassen.

Die meisten Höhlen sind von Lebewesen bewohnt, welche v. Knebel in folgende Gruppen einteilt:

1. Troglophilen, das sind Tiere und Pflanzen, welche zwar auch außerhalb der Höhlen vorkommen, die Höhlen aber als Wohnorte bevorzugen.
2. Troglobien oder echte Höhlenbewohner, das sind Tiere und Pflanzen, welche sich nur in Höhlen finden.
3. Zeitweilige Höhlenbewohner, das sind Tiere, deren Lebensbedingungen außerhalb der Höhlen liegen, welche daher nur zu gewissen Zeiten die Höhlen als Wohnstätten aufsuchen (z. B. Raubtiere, Fledermäuse, Menschen usw.).

Die Höhlenflora ist sehr arm, die Höhlenfauna verhältnismäßig groß, darunter eine Reihe von Tieren, die sich bloß in Höhlen finden. Nur diese letztern haben für den Forscher besonderes Interesse, weil sie sich durch gewisse Eigentümlichkeiten von den verwandten Formen der Außenwelt unterscheiden. Es ist hauptsächlich der in den Höhlen herrschende Mangel an Licht, welcher rückbildend auf die Gesichtsorgane der Höhlentiere einwirkt und nicht minder auf deren natürliche Körperfarbe, ähnlich wie bei vielen Tiefseetieren. Von Wichtigkeit sind die Höhlen für den Paläontologen durch die in ihnen häufig eingebetteten tierischen Überreste, welche teils von Raubtieren herrühren, die die Höhlen in der Urzeit bewohnten, teils aus den Knochen des von ihnen dorthin verschleppten Raubes. Auch als Wohnstätten der vorgeschichtlichen Menschen haben häufig Höhlen gedient, sowie in geschichtlicher Zeit bisweilen als Schlupfwinkel für Geächtete und Verbrecher.

Höhlenforschungen in Neusüdwales. Etwa vier engl. Meilen von Goulburn, der Hauptstadt des südlichen Teiles von Neusüdwales, liegt die malerische Stadt Bungonia. In ihrer Nachbarschaft befinden sich mächtige Höhlen, von denen nur ein Teil erforscht ist. Erst seit wenigen Jahren wird die Erforschung dieser Höhlen in den Kalksteinfelsen systematisch vorgenommen. Die Eintrittskammer, die sich zu einer Höhe von 24 *m* erhebt, heißt wegen ihrer kegelförmigen Gestalt „Glockenturm“. Mit Hilfe einer Winde und eines

Seiles steigt man dann einen 45 *m* tiefen Schacht hinab, dessen vom Wasser ausgewaschene Seiten zeigen, daß man auf dem ehemaligen Schauplatze eines großen unterirdischen Wasserfalles steht. Die glatten Oberflächen sehen so aus, als seien sie von Menschenhand gemeißelt. Soweit ist an dieser Stelle das Höhlensystem erforscht. Ein zweiter Durchgang geht vom Grunde des Schachtes aus; er enthält stalagmitartige, muldenförmige Bildungen, und zwar in einer Art Terrassen auf dem untern Teile der Wände und des Fußbodens. Diese Becken sind anscheinend häufig mit reinem Wasser gefüllt, das immer von einer Reihe Mulden in die andere tropft, bis es die untersten Tiefen erreicht, was einen reizvollen Anblick gewährt. Eine andere Höhlenformation in derselben Nachbarschaft ist teilweise auch schon erforscht. Man gelangt durch eine etwa 60 *m* über der Basis befindliche Öffnung in eine 300 *m* lange Höhle. Weiter östlich öffnet sich eine Höhle von fast 360 *m*, die 9 bis 24 *m* hoch ist. Hier sieht man Myriaden von Stalaktiten in allen Formen, einige darunter über 3 *m* lang. Steigt man einen tiefen Abhang hinab, so kommt man durch einen 180 *m* langen, sich ständig senkenden Durchgang in die geräumigste und schönste Höhle, die 40 *m* hoch und 18 *m* breit ist. Durch diese Höhle geht ein schöner Wasserlauf, der auf dem Boden Becken in allen Größen und Formen bildet. 600 bis 900 *m* weiter erreicht man kleinere Höhlen, durch die augenscheinlich große Wassermassen geflossen sind. Etwa drei engl. Meilen von den Bungoniahöhlen und sechs Meilen von Mardan entfernt liegen die Terrahöhlen, die eine schöne Öffnung haben. Von hier steigt der Eingang steil zur ersten, verhältnismäßig kleinen Höhle hinab, von der ein weiterer Abstieg zu einer hohen Kammer führt, die aus riesigen zackigen, oben und unten gespaltenen Felsen gebildet ist und einige farblose, gleichsam drapierte Stalaktiten enthält. So bietet das ganze Land ein fast unerschöpfliches Feld für Höhlenforscher.[1])

Flüsse.

Die Wasserführung der Hauptströme der Erde. Über die Wassermengen, welche die Hauptströme der Erde jährlich ins Meer führen, sind nur sehr ungenaue Angaben bekannt, ja selbst für die europäischen Hauptflüsse muß man sich zum Teile noch mit bloßen Schätzungen begnügen. Die Ursachen dieser beklagenswerten Ungewißheit liegen auf der Hand; es fehlt noch sehr an zuverlässigen und vor allen Dingen genügend lange fortgesetzten Messungen der Stromgeschwindigkeiten und Wasserstände in genau bekannten Stromprofilen. Dazu ist das vorhandene Material meist nicht leicht zugänglich. Dr. R. Fritzsche hat sich daher ein großes Verdienst

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau 1906. p. 237.

erworben, indem er die vorhandenen Angaben über die Wassermengen der hauptsächlichsten Flüsse sorgfältig sammelte und kritisch bearbeitete. Aus der Inauguraldissertation, in welcher er die von ihm gefundenen Daten mitteilt und weiter zu besondern Untersuchungen verwertet, werden dieselben hier mitgeteilt, jedoch in anderer Reihenfolge der Ströme, als das Original gibt.

1. Memel. Als ältere Angaben für die Wassermenge der Memel seien der Vollständigkeit wegen erwähnt: 1. Koppin,[1]) der die Wassermenge bei einem Pegelstande von 4 Fuß 11 Zoll in Tilsit zu 14 300 Kubikfuß in der Sekunde (= 13.94 *cbkm* im Jahre) angibt; 2. Franzius und Sonne[2]), die für die Memel bei Tilsit als Mittelwassermenge 608 *cbm*/sec, d. h. 19.17 *cbkm* jährlich angeben.

Eine sehr zuverlässige, genaue Bestimmung der Abflußmenge gibt uns das Memelstromwerk.[3]) Zur Ermittlung der Abflußmengen wurde zunächst in ein Koordinatenkreuz die Wasserstandsdauerlinie für den Zeitraum 1851—1890 aus der Häufigkeit der Wasserstände, die aus den Wasserstandsbeobachtungen am Tilsiter Pegel gebildet sind, dargestellt. Der Pegel zu Tilsit wurde gewählt, weil für ihn eine größere Anzahl zuverlässiger Messungen ausgeführt sind. Aus diesen und den für die äußersten Wasserstände berechneten Werten wurde ferner die Wassermengenkurve konstruiert. Aus der Dauer der Wasserstände und der Wassermengenkurve ließ sich nun die Dauerlinie für die Wassermengen ableiten. Die von dieser Kurve und den Koordinatenachsen begrenzte Fläche gibt dann die in dem gesamten Zeitraume 1851—1890 abgeflossene Wassermenge an; die Größe dieser Fläche wurde durch Planimetrieren bestimmt und daraus die in den 40 Jahren abgeflossene Wassermasse zu 904.9 *cbkm* abgeleitet. Der durchschnittliche Abfluß wäre demnach für das Jahr 22.62 *cbkm*. Diese Abflußmenge ist aber wegen des Eisstaues zu groß. Jedoch sind bei dem Memelstrome Anhaltspunkte, welche für die Feststellung der Größe des Staues geeignete Unterlagen bieten, nicht vorhanden. Man ist hier deshalb lediglich auf Schätzungen angewiesen. Für die Weichsel, bei der aus den Erscheinungen bei den Eisbrecharbeiten auf die Größe des Staues geschlossen werden kann, ergibt sich, daß die ohne Berücksichtigung des letztern gewonnenen Wassermengen des Winters um 20.6% zu groß sind. Dieser Abzug erscheint für den Memelstrom noch zu gering. Es wurde daher ein Abzug von 30% gemacht und daraus die mittlere Abflußmenge des Winters zu 11.06 *cbkm* und die des ganzen Jahres zu 17.88 *cbkm* erhalten. Diese vom Stromwerk angegebene Zahl von 17.88 *cbkm* jährlich wurde in die Rechnung eingeführt und dürfte zweifellos eine große Genauigkeit besitzen. Murray gibt in seiner Arbeit 15.77 *cbkm* an.

2. Pregel. Für den Pregel kam nur die Angabe des Stromwerkes[4]) in Betracht. Nach diesem liegen einstweilen noch keine ausreichenden Messungen vor, aus denen sich ein genaues Bild über die Wassermengen gewinnen ließe. Die ältern Angaben beruhen meist nur auf Schwimmermessungen und zeigen große Widersprüche. Neue Messungen haben stattgefunden zur Bestimmung des Einflusses, den die Zuführung von 6 *cbm*/sec Wasser aus dem masurischen Schiffahrtskanale auf die Veränderung der Wasserstände im Pregel- und Deinetale ausüben würde, beziehen sich aber nur auf kleinere oder mittlere Abflußmengen. Als rohe Annäherung kann man die Abflußmenge des Pregelstromes oberhalb der Deineabzweigung bei Mittelwasser auf 60 *cbm*/sec, d. h. 1.89 *cbkm* im Jahre, schätzen.

3. Weichsel. Ältere Angaben über die Wassermenge der Weichsel

---

[1]) Koppin, Nachr. über d. Ströme d. preuß. Staates. Zeitschr. f. Bauwesen 1864. p. 170.

[2]) Franzius und Sonne, Handbuch des Wasserbaues. 1892.

[3]) Keller, Memel-, Pregel-, Weichselstrom. Berlin 1899. **1.** p. 319.

[4]) Keller a. a. O. **2.** p. 507.

sind: 1. Franzius und Sonne[1]) (1892) geben im Mittel 937 *cbm*/sec, d. h. 29.55 *cbkm* jährlich an. 2. Schmidt[2]) hat auf Grund genauer Wassermengenermittlungen mittels hydrometrischer Flügel die täglichen Abflußmengen der Weichsel und Nogat im Jahre 1896 bestimmt und als Jahressumme für 1896 30.36 *cbkm* erhalten.

Für uns kommt das schon erwähnte Stromwerk[3]) in Betracht. Nach diesem erfolgte die Ermittlung der Abflußmenge des Jahres und des Winters zunächst in derselben Weise wie für das Memelgebiet. Für den Winter wurde eine besondere Berechnung mit Berücksichtigung des Eisstaues vorgenommen. Für den vierzigjährigen Zeitraum von 1851—1890 ergab sich danach eine gesamte Abflußmenge von 1220.93 *cbkm*, d. h. als Jahresbetrag derselben 30.52 *cbkm*. Diese Zahl dürfte, da es sich um einen vierzigjährigen Mittelwert handelt, als genau anzusehen sein. Murray gibt 23.58 *cbkm*.

4. Oder. Waren wir über die Abflußmenge der Memel und Weichsel ausreichend informiert, so fehlen zuverlässige, neuere Messungen der Wassermenge bei der Oder fast vollständig. Ältere Messungen wurden von Herr[4]) veröffentlicht, der die Wassermenge der Oder zwischen Greifenhagen und Mescherin bei einem Wasserstande von 3 Fuß am Garzer Pegel zu 7869 Kubikfuß pro Sekunde, d. h. jährlich zu 7.67 *cbkm* berechnet. Auf diese Messungen bezieht sich auch noch die 1891 vom Kaiserl. Statistischen Amte herausgegebene Statistik der Stromgebiete.[5]) Die Mittelwassermenge der Oder für Glietzen wird hier nach einigen vorhandenen Strommessungen auf etwa 14 *cbkm* geschätzt. Auch das Oderstromwerk[6]) enthält noch keine Angaben über die mittlern, sondern nur über die maximalen Wassermengen. In seinem Referate über dieses Stromwerk sucht nun Penck[7]) die Abflußmenge der Oder wenigstens annähernd zu schätzen und geht dazu von den von ihm gefundenen Gleichungen für die Abflußhöhe der Elbe und der Moldau aus. Aus deren Übereinstimmung folgert er, daß eine entsprechende Gleichung auch für die Oder gelte. Danach findet er für das Gebiet der Mitteloder einen Abfluß von 165 *mm*, für die untere Oder 85 *mm* und für das gesamte Stromgebiet 150 *mm*. Danach dürfte die Oder etwa 570 *cbm*/sec oder 17.90 *cbkm* im Jahre ins Meer rollen. Dieses Resultat von Penck fand seine Bestätigung in dem 1904 erschienenen Jahrbuche der Gewässerkunde Norddeutschlands.[8]) Dieses gibt in Heft II. S. 23 den mittlern Pegelstand für Hohensaathen (oberhalb Schwedt) zu 328 *cm* an; außerdem findet sich ein Verzeichnis sämtlicher vorhandenen Wassermengenmessungen mit den betreffenden Pegelständen. Diese wurden von Fritzsche in Koordinatenpapier eingetragen und durch sie die Wassermengenkurve gelegt. Durch graphische Interpolation ergab sich dann die zu jenem mittlern Pegelstande gehörende Wassermenge zu 470 *cbm*/sec = 14.82 *cbkm* im Jahre. Da nun Hohensaathen noch 78 *km* oberhalb von Stettin liegt, und die mittlere Abflußmenge bekanntlich größer ist als die Abflußmenge bei mittlerm Wasserstande, so wurde, ehe genauere Messungen einen andern Wert der Abflußmenge ergeben, der von Penck bestimmte Wert der Rechnung zugrunde gelegt. Murray: 10.42 *cbkm*.

5. Elbe. Als mittlere Wasserführung der Elbe gibt Penck[9]) nach

---

[1]) Franzius und Sonne a. a. O.

[2]) Schmidt, Die Wassermengen der Weichsel, Nogat und Brahe im Jahre 1896. Zentralblatt der Bauverwaltung 1897. p. 309.

[3]) Keller a. a. O. **1**. p. 323.

[4]) Herr, Nachr. über d. Ströme d. preuß. Staates. Zeitschr. f. Bauwesen. 1864. p. 37.

[5]) Statistik des Deutschen Reiches 1891. **39**. Teil 1. p. 183.

[6]) Keller, Der Oderstrom. Berlin 1896. p. 281.

[7]) Geographische Zeitschrift 1899. p. 88.

[8]) Jahrb. d. Gewässerkunde Norddeutschl., herausg. v. d. preuß. Landesanstalt f. Gewässerkunde in Berlin. Abflußjahr 1901. Berlin 1904.

[9]) Penck, Morphologie 1894. **2**. p. 500.

einer von Franzius[1]) berechneten Tabelle an: Für Elbstorf (Flutgrenze) ca. 700 *cbm*/sec = 22.08 *cbkm*, für Hamburg 879 *cbm*/sec = 27.72 *cbkm* jährlich.

Fritzsche legt im folgenden die Angabe des Elbstromwerkes[2]) zugrunde. Hier wurde, analog wie bei der Memel, für den zehnjährigen Zeitraum 1885 bis 1895, in dem Geschwindigkeitsmessungen ausgeführt sind, die Abflußkurve konstruiert und durch deren Integration die im Laufe eines Jahres abgeflossene Wassermenge und damit auch die mittlere sekundliche Wassermenge gefunden, und zwar ergab sich für Torgau 306, Magdeburg 521, Hämerten 548, Lenzen 667, Darchau 695, Artlenburg 712 *cbm*/sec. Der letztere Wert entspricht 22.45 *cbkm* im Jahre und dürfte, wenn er auch nicht, wie die entsprechenden Zahlen für die Memel und Weichsel, einen 40 jährigen Mittelwert darstellt, doch, namentlich im Vergleiche zur Oder, von großer Genauigkeit sein.

6. W e s e r. Auch hier beziehen wir uns auf die Daten des Stromwerkes.[3]) Eine erhebliche Schwierigkeit bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen Abfluß- und Niederschlagsmengen bestand hier darin, daß in der Weser sowohl wie in der Ems seit der Zeit, als mit den Messungen der Wassermengen begonnen wurde, eine bedeutende Senkung der Stromsohle erfolgt ist. Während also beim Memel- und Weichselstrome die Bestimmungen der Abflußmenge für die Jahre 1851 bis 1890 mit angemessener Genauigkeit geschehen konnten, mußte bei der Weser und Ems davon Abstand genommen werden. Infolgedessen bezieht sich die Bestimmung der mittlern Wassermenge der Weser auf den Zeitraum 1891 bis 1900. Diese Bestimmung selbst geschah, analog wie bei der Memel, mit Hilfe der Wassermengendauerlinie und ergab ohne Berücksichtigung des Eisstaues eine mittlere Wassermenge von 9.56 *cbkm*, mit Berücksichtigung desselben 9.38 *cbkm*. Letztere Zahl wurde als die wahrscheinlichste als Mittelwert der Wasserführung angenommen.

7. E m s. Auch hier liefert das Stromwerk[4]) die erforderlichen Daten. Jedoch sind die Betrachtungen über den Abflußvorgang der Ems überhaupt nur bis 1895 durchgeführt, da durch die um die Mitte der 1890 er Jahre erfolgte Kanalisierung die Wasserstandsbewegung der Ems ein ganz anderes Gepräge erhalten hat. Das Jahrfünft 1896 bis 1900, das zur Berechnung der Wassermenge der Weser mit gedient hatte, konnte also für die Untersuchung der Abflußmengen der Ems nicht in Betracht kommen. Ebenso wenig konnten frühere Jahre dafür herangezogen werden, und zwar weniger wegen der schon bei der Besprechung der Weser erwähnten Senkungen der Stromsohle, sondern weil der Niederschlag in den 1880 er Jahren zum Teile recht erheblich und räumlich unregelmäßig von seinem normalen Betrage abwich. So war eine Einschränkung auf das Jahrfünft 1891 bis 1895 geboten. Dieses ergab als mittlere Wassermenge ohne Berücksichtigung des Eisstaues 2.31 *cbkm*, mit Berücksichtigung desselben 2.26 *cbkm*.

8. R h e i n. Bei der Untersuchung über die Wassermenge des Rheins läßt uns das Stromwerk[5]) im Stiche; wir sind daher gezwungen, uns nach andern Angaben umzusehen. Blink[6]) gibt nach den Berechnungen von Lely[7]) aus den Geschwindigkeitsmessungen die Wasserabfuhr des Rheines in den Niederlanden von 1870 bis 1886 durchschnittlich zu 74 *cbkm* an. Dabei ist jedoch die Wassermenge der Maas mit einbegriffen. Diese Angabe stimmt im großen und ganzen

[1]) Franzius und Sonne, Der Wasserbau 1889. p. 832.

[2]) Keller, Der Elbstrom 1898. **1**. p. 297.

[3]) Keller, Weser und Ems 1901. **1**. p. 303.

[4]) Keller, Weser und Ems 1901. **1**. p. 314.

[5]) Der Rheinstrom. Herausg. v. Zentralbur. f. Meteorol. u. Hydrogr. des Großherzogtums Baden 1889.

[6]) Blink, Der Rhein in d. Niederlanden. Forsch. z. deutsch. Landes- u. Volkskunde. **4**. Heft 2. 1890.

[7]) Lely, Waterbouwkunde 1884.

mit der alten von Sonklar[1]) überein, der, allerdings ohne Quellenangabe, die stündliche Wassermenge zu 265 Millionen Kubikfuß = 71.76 *cbkm* im Jahre angibt. Reclus[2]) gibt für den Rhein nach Marshal 1975 *cbm*/sec = 62.28 *cbkm* im Jahre, nach von Kloeden 2210 *cbm*/sec = 69.69 *cbkm* jährlich an.

Von neuern Veröffentlichungen über den Rhein ist zunächst die von Wickert[3]) zu nennen. Er stützt sich auf die Arbeiten der Rheinstrombauverwaltung[4]) und gibt nach deren neuesten Ermittlungen die Wasserführung des Rheines bei mittlerm Niederwasser an der holländischen Grenze zu 1029 *cbm*/sec an. Bei gemitteltem Jahreswasserstande führt der Rhein oberhalb Linz 1879 *cbm*/sec, oberhalb Wesel 2026 *cbm*/sec = 63.89 *cbkm* im Jahre. Das Jahrbuch der Gewässerkunde Norddeutschlands[5]) gibt den mittlern Jahreswasserstand zu Rees (oberhalb der deutsch-niederländischen Grenze) zu 227 *cm* an. Ferner werden dort die vorhandenen Wassermengenmessungen mit Angabe der Pegelstände zusammengestellt. Diese wurden von Fritzsche in ein Koordinatensystem eingetragen und durch Interpolation ein Mittelwasser von 2000 *cbm*/sec = 63 *cbkm* im Jahre gefunden. Diese Zahl stimmt gut mit der von Wickert und Marshal mitgeteilten überein.

Für die Wassermenge der M a a ß gibt Reclus nach Lavertujon 448 *cbm*/sec = 14.12 *cbkm* im Jahre an. Spring und Prost[6]) maßen vom 13. November 1882 bis 13. November 1883 täglich die Geschwindigkeit und Wassermenge der Maaß und erhielten als Jahressumme 6.65 *cbkm*. Bezieht sich diese Zahl auch nur auf einjährige Beobachtungen, so dürfte ihr doch vor der Reclusschen der Vorzug zu geben sein, da die letztere keine Angaben über die Art und Weise, sowie über die Dauer der Beobachtungen enthält. Als wahrscheinlichste Angabe der mittlern Wassermenge für den Rhein wurde danach die Blinksche Angabe von 74 *cbkm* angesehen.

Murray gibt 42.09 *cbkm* an und scheint sich dabei auf die Wassermenge bei Koblenz zu beziehen, die nach Franzius und Sonne[7]) 1220 *cbm*/sec = 38.47 *cbkm* jährlich beträgt.

9. S c h e l d e. Die einzige Angabe über die Wasserführung der Schelde fand sich bei Reclus[8]), der sich auf Messungen von Thomé de Gamond bezieht und als „débit moyen" 92 *cbm* sec = 2.90 *cbkm* im Jahre angibt. Ist diese Zahl auch hinsichtlich ihres Genauigkeitsgrades nicht zu prüfen, so wurde wegen der geringen Ausdehnung des Stromgebietes doch kein Bedenken getragen, sie zu benutzen.

10. D o n a u. Ältere Angaben über die Wassermenge der Donau finden sich bei Sonklar und Reclus. Ersterer gibt ohne Quellennennung die stündliche Wassermenge zu 1 074 800 000 Kubikfuß = 291.06 *cbkm* im Jahre an. In ziemlicher Übereinstimmung damit hat Reclus 9180 *cbm*/sec = 289.50 *cbkm* im Jahre. Der Berechnung dieser Zahlen scheinen jedoch keine längern Beobachtungen zugrunde gelegen zu haben; denn die 1891 von Penck[9]) gegebene Abflußmenge von 5850 *cbm*/sec = 184.48 *cbkm* im Jahre ist bedeutend kleiner. Diese Zahl wurde von Hartley bei der Regulierung der Donaumündung bestimmt und beruht auf dem zehnjährigen Mittel 1862 bis 1871. Leider setzt jedoch Hartley die Methode, wie er die Wassermenge ermittelt hat, nicht aus-

---

[1]) Sonklar, Allgemeine Orographie 1873. p. 163.
[2]) Reclus, La Terre 1883. **1**. p. 520.
[3]) Wickert, Der Rhein und sein Verkehr 1903. p. 29.
[4]) Die Arbeiten d. Rheinstrombauverw. v. 1851 bis 1900. Berlin 1901.
[5]) a. a. O. Heft 5. p. 15.
[6]) Spring u. Prost, Etudes sur les eaux de la Meuse. Annales de la société géologique de Belgique **11**. 1883/84. p. 137.
[7]) Franzius u. Sonne, Handbuch des Wasserbaues 1892.
[8]) Reclus, La Terre 1883. **1**. p. 520.
[9]) Penck, Die Donau. Schriften d. Ver. z. Verbreit. naturwissenschaftl. Kenntnisse. Wien 1891. **31**. p. 37.

einander, so daß man die Zahl nehmen muß, wie sie mit geteilt wird. 1894 teilt dann Penck[1]) als Mittelwert für die Wasserabfuhr der Donau von 1862 bis 1890 195.50 *cbkm* mit, allerdings ohne Angabe des Autors. Diese Angabe wurde als die zuverlässigste angenommen. Murray hat 281.38 *cbkm*, scheint sich also nur auf die ältern Quellen bezogen zu haben.

11. Po. Ältere Angaben der Wassermengen des Po finden sich bei Reclus (nach Lombardini 1720 *cbm*/sec = 54.24 *cbkm* im Jahre) und Beadmore[2]) (3 644 300 Kubikfuß per Minute = 54.23 *cbkm* im Jahre). Von diesen Angaben weicht auch eine neuere Bestimmung von Valentini[3]) nicht viel ab. Valentini veröffentlicht die Resultate einer großen Zahl von Wassermengenmessungen, die durch einen Regierungskommissar in den Jahren 1878 bis 1880 zu Fossadalbero bei Ferrara vorgenommen wurden. Diese wurden von Fritzsche monatweise zusammengestellt und ergaben im Jahresmittel 1610 *cbm*/sec = 50.77 *cbkm* im Jahre. Diese Zahl wurde in der Rechnung benutzt. Murray: 55.52 *cbkm*.

12. Tiber. Für die Tiber liegen Messungen von Ventucoli und Lombardini[4]) aus den Jahren 1822 bis 1849 vor, die als mittlere Abflußmenge bei Rom 618 234 Kubikfuß in der Minute = 9.20 *cbkm* im Jahre angeben. Dieselbe Zahl teilen auch Beadmore und Reclus mit.

13. 14. Volturno. Arno. Für den Volturno und den Arno macht nur Reclus Angaben der Wassermenge. Dieser bezieht sich auf Messungen von Baccarini und gibt für den Volturno 70 *cbm*/sec = 2.21 *cbkm* jährlich, für den Arno 47 *cbm*/sec = 1.48 *cbkm* jährlich an.

15. Rhone. Die für die Rhone mitgeteilten Wassermengen gehen außerordentlich auseinander: Reclus gibt 1874 nach Messungen von Surell 2603 *cbm*/sec = 82.09 *cbkm* im Jahre, 1883 nach demselben Autor 1717 *cbm*/sec = 54.16 *cbkm* jährlich an. Auf letztere Angabe geht offenbar auch Beadmore zurück, der ohne Angabe der Quelle eine mittlere Abfuhr von 3 640 000 Kubikfuß per Minute = 54.17 *cbkm* jährlich mitteilt.

Weitere Messungen teilt Guérard[5]) mit: „Le volume total des eaux que le Rhône verse à la mer dans le cours d'une année, a été en 1869, de 39 217 millions de mètres cubes; en 1870 de 35 254 millions. Le premier chiffre représente assez approximativement le volume moyen annuel". Die Zahl von 39.22 *cbkm* wurde danach als die neueste und wohl zuverlässigste als richtig angenommen. Murray: 58.63 *cbkm*.

16. Seine. Im Jahre 1880 gab Schlichting[6]) die Wassermenge der Seine bei Rouen zu etwa 460 *cbm*/sec = 14.19 *cbkm* im Jahre an. Die Bestimmung ist durch Belgrand in seinem Seinewerke, das mir jedoch nicht zugänglich war, wiederholt und der Wert zu 507 *cbm*/sec gefunden worden. Diese Zahl fand sich bei Reclus und ergibt einen jährlichen Abfluß von 15.99 *cbkm*. Murray: 22.79 *cbkm*.

17. Loire. Für die Loire fanden sich nur Angaben bei Reclus; dieser teilt als mittlere Abflußmenge mit: 1874: 500 *cbm*/sec = 15.77 *cbkm* im Jahre (ohne Quellenangabe); 1883 nach Thomé de Gamond 985 *cbm*/sec = 31.06 *cbkm*. Murray: 32.55 *cbkm*.

18. Garonne. Die erste Nachricht über die Wassermenge der Garonne findet sich bei Beadmore, der als mittlern Wert derselben bei Marmande nach Lombardini 1 440 920 Kubikfuß per Minute = 21.44 *cbkm* jährlich angibt. Reclus gibt 1883 als Wassermenge unterhalb der Dordognemündung nach

---

[1]) Penck, Morphologie 1894. 1. p. 298.

[2]) Beadmore, Manuel of Hydrology 1862. p. 200.

[3]) Valentini, D. Wasserführung d. Po. Zeitschr. f. Gewässerkunde 1899.

[4]) Ann. of Math. and Phys. Science. Rome 1860.

[5]) Guérard, L'embouchure du Rhône. Bulletin de la société de géographie. Marseille 1890.

[6]) Schlichting, D. Wasserstraßen Frankr. Zeitschr. f. Bauw. 1880. p. 366.

Baumgarten und Thomé de Gamond 1118 *cbm*/sec = 35.26 *cbkm* jährlich. Fritzsche nahm letztere Zahl an.

19. Ebro. Die einzige Angabe für den Ebro fand sich bei Reclus (1883), der sich auf Mesa bezieht und die Wassermenge zu 100 *cbm*/sec = 3.15 *cbkm* angibt.

20. Wolga. Die Wassermenge der Wolga gibt Woeikof[1]) nach vierjährigen Mitteln (1877 bis 1880) oberhalb Sysran zu 9889 *cbm*/sec = 312.18 *cbkm* im Jahre an. Diese Zahl erscheint jedoch als bedeutend zu groß und hat auch durch die Mitteilungen von Kolomitzow[2]) eine Reduktion erfahren. Unter Leitung des Ingenieurs O. Balatin wurden Wassermengenmessungen bei Ssamara vom 29. Juni 1888 bis 10. Oktober 1890 vorgenommen, und zwar wurden im ganzen 110 Messungen mit dem elektrischen Flügel in ihren Einzelheiten und Ergebnissen mitgeteilt. Als Resultat ergab sich dabei das

mittlere Niederwasser: 670 + 4.9 *cbm*/sec
Mittelwasser: 5722 + 41.4 *cbm*/sec
mittlere Hochwasser: 25 600 + 185.4 *cbm*/sec.

Nimmt man das mittlere Niederwasser für 2, das Mittelwasser für 9 und das mittlere Hochwasser für 1 Monat an, so ergibt sich eine mittlere Abflußmenge von 6536 *cbm*/sec = 206.12 *cbkm*. Murray: 182.29 *cbkm*.

21. Newa. Die Wassermenge der Newa gibt Dubois[3]) zu 2900 *cbm*/sec (= 91.45 *cbkm* pro Jahr) an, leider fehlt auch hier die Quelle. Reclus[4]) gibt nach Messungen von Strelbitzky und Veniukov 2954 *cbm*/sec (= 93.16 *cbkm* pro Jahr) an, während Woeikof[5]) 94 *cbkm* annimmt. Von diesen Zahlen, die ziemlich gut übereinstimmen, scheidet zunächst die von Dubois aus, da sie ihren Ursprung nicht erkennen läßt. Reclus und Woeikof scheinen sich dagegen auf dieselbe Quelle bezogen zu haben. Es wurde die Angabe von Woeikof als die zuverlässigere angenommen.

22. Westliche (Rigaer) Düna. Als einzige Quelle diente hier das Referat von Krahmer[6]) über das in russischer Sprache erschienene Werk: „Sapunow, Die westliche Düna". Dieses macht über die Wassermenge folgende Angaben: „Der Strom bewegt in der Sekunde bei Witebsk 64 *cbm*, unweit Dissna 119 *cbm*, oberhalb Dünaburg 144 *cbm*, bei Jakobstadt fast 153 *cbm*, bei Friedrichstadt 179 *cbm*, bei Kurtenhof fast 194 *cbm*." Die letzte Zahl ergibt für das ganze Jahr 6.12 *cbkm*. Auch diese Angabe müssen wir als gegebene hinnehmen, da jede nähere Mitteilung, auf welchem Wege sie gewonnen wurde, fehlt.

23. Dniepr. Angaben über die Wasserführung des Dniepr oberhalb Kiew macht Oppokow[7]), der nach dem 26 jährigen Mittel von 1876 bis 1901 die Niederschlagshöhe für das Gebiet des obern Dniepr zu 552 *mm*, die Abflußhöhe zu 138 *mm*, also den Abflußfaktor zu 25% ermittelt hat, während ihn Wybranowski[8]) zu 35% bestimmte, und zwar nach dem 27 jährigen Mittel von 1870 bis 1896. Der erstern Angabe wurde als der neuern und zuverlässigern die größere Wahrscheinlichkeit beigemessen und daher auch für das gesamte Gebiet des Dniepr eine Abflußhöhe von 138 *mm* angenommen, die eine Abflußmenge von 70.69 *cbkm* im Jahre angibt. Murray: 92.51 *cbkm*.

24. Don. Die einzige Angabe einer Wassermenge des Don fand sich bei Reclus: 900 *cbm*/sec = 28.38 *cbkm* jährlich.

---

[1]) Woeikof, Klimate der Erde 1887. **2**. p. 263.
[2]) Referat von Gravelius. Zeitschr. f. Gewässerkunde 1900. p. 292.
[3]) Dubois a. a. O. 1894. p. 139.
[4]) Reclus, La Terre 1883. **1**. p. 520.
[5]) Woeikof, Die Klimate der Erde 1894. p. 267.
[6]) Peterm. Mitt. 1894. Lit.-Ber. p. 84.
[7]) Oppokow, Z. Frage d. vieljähr. Abflußschwankungen in den Bassins großer Flüsse. Zeitschr. f. Gewässerkunde 1902.
[8]) Wybranowski, Le régime du Dniepr. La Géogr. 1903. **8**. p. 85.

25. D n i e s t r. Auch für die Wassermenge des Dniestr diente Reclus als alleinige Quelle: 413 *cbm*/sec = 13.02 *cbkm* im Jahre.

26. O b. Die einzige Mitteilung über die Wassermenge des Ob gibt Dubois,[1]) leider jedoch ohne irgend eine Quellenangabe. Die mittlere Abflußmenge gibt er zu 10 000 *cbm*/sec an, wenigstens in den eisfreien Monaten Mai bis Oktober. Für die übrigen sechs Monate ist die Wassermenge jedoch bedeutend geringer und dürfte etwa den vierten Teil derjenigen des Sommers, also 2500 *cbm*/sec erreichen. Die mittlere Abflußmenge wäre demnach 6250 *cbm*/sec = 197.10 *cbkm* pro Jahr.

27. H o a n g h o. Für den Hoangho existiert zunächst eine Schätzung der Wassermenge von Sir George Staunton[2]) aus dem Jahre 1792, der bei einem Übergange über den Hoangho dessen Wassermenge auf 116 000 Kubikfuß pro Sekunde = 103.57 *cbkm* im Jahre schätzte. Eine zuverlässigere Angabe stammt auch hier von Kingsmill.[3]) Dieser maß verschiedene Querschnitte des Hoangho aus und sammelte verläßliche Angaben der Tiefe und Geschwindigkeit zu verschiedenen Jahreszeiten, auf Grund deren er für das Jahr eine mittlere Wassermenge von 83 000 Kubikfuß pro Sekunde = 74.11 *cbkm* jährlich berechnet. Diese Zahl wurde von Fritzsche in die weitern Berechnungen eingeführt. Murray: 119.1 *cbkm*.

28. Y a n g t s e k i a n g. Nach einer Mitteilung von Guppy[4]) schätzte zuerst Captain Blackiston die mittlere Wassermenge des Yantsekiang an einer 960 englische Meilen von der Mündung entfernten Stelle auf 500 000 Kubikfuß in der Sekunde. Ähnliche Schätzungen nahm dann Guppy vom Mai 1877 bis Mai 1878 in Hankow vor. Er bestimmte die Breite und beschaffte sich alle Materialien über Wasserstandsbewegungen und Geschwindigkeit des Flusses und gelangte zu einer mittlern Wassermenge von 651 875 oder rund 650 000 Kubikfuß pro Sekunde. Das oberhalb Hankow liegende Entwässerungsgebiet des Yantsekiang nimmt Guppy zu $^{11}/_{13}$ des gesamten Einzugsgebietes an und setzt voraus, daß auch die übrigen $^{2}/_{13}$ in demselben Maße entwässern; so gelangt er zu einer sekundlichen Wassermenge von etwa 770 000 Kubikfuß oder jährlich 685.54 *cbkm*. Zwei neue Aufsätze enthalten noch Angaben der Wassermenge des Yantsekiang : 1. Berdrow[5]) nimmt die stündliche Wassermenge zu 150 000 000 *cbm* = 1314 *cbkm* jährlich an, ohne einen Autor zu nennen. 2. Ein anonymer Aufsatz im Mouvement géographique,[6]) der ebenfalls die Quelle verschweigt, gibt 21 650 *cbkm*/sec = 682.75 *cbkm* pro Jahr an. Die Guppysche Zahl ist, wenn auch nicht als genau, so doch als sicherlich guter Näherungswert zu betrachten und die von Berdrow gewiß zu verwerfen, was auch der anonyme Verfasser des Artikels im Mouvement géographique, der jünger ist als die Arbeit Berdrows, bestätigt. Es wurde daher als ungefährer Mittelwert 685 *cbkm* angenommen. Murray: 521.18 *cbkm*.

29. P e i h o. Die Wasserführung des Peiho wurde von Guppy[7]) während des Winters 1878 bis 1879 geschätzt und zu etwa 7700 Kubikfuß pro Sekunde gefunden. Diesen Wert nahm Guppy auch als Jahresmittel an (= 6.88 *cbkm*). Schätzungen während des Sommers 1879 erfolgten von Kingsmill[8]) und ergaben für das ganze Jahr einen mittlern Abfluß von etwa 9000 Kubikfuß pro Sekunde = 8.04 *cbkm* pro Jahr. Diese Angabe wurde in die Rechnungen eingeführt, während Murray sich an die erstere hält.

30. G a n g e s. Für den Ganges liegen zurzeit noch keine exakten

---

[1]) Dubois a. a. O. 1894. p. 140.
[2]) Guppy, The Yellow River and the Peiho. Nature 1880. **12**.
[3]) Guppy, ibid. 1882. **25**.
[4]) Guppy, ibid. 1880. **22**.
[5]) Berdrow, Die Stromriesen der Erde. Prometheus 1894.
[6]) Le Bassin du Yangtsekiang. Le Mouvem. géogr. Bruxelles 1899. p. 613.
[7]) Guppy, The Yangtse, the Yellow River and the Peiho. Nature 1880. **22**.
[8]) Guppy, ibid. **25**. 1882.

Messungen vor; man ist hier lediglich auf Schätzungen angewiesen; und diese gehen ziemlich weit auseinander. So gibt Beadmore nach Messungen von Prinsep die mittlere Wassermenge bei Sikreegulee zu 30 000 000 Kubikfuß pro Minute = 446.45 *cbkm* im Jahre, Franzius und Sonne für die Mündung zu 15 000 *cbm*/sec 473.03 *cbkm* im Jahre, und Sonklar zu 1753.08 Millionen Kubikfuß per Stunde = 474.74 *cbkm* jährlich (letztere beide offenbar nach Hunter), Reclus gibt (1883) für den Ganges nach Hunter 15 000 *cbm*/sec = 473.03 *cbkm* im Jahre, nach Longridge 12000 *cbm*/sec = 378.43 *cbkm* im Jahre und für den Brahmaputra nach Schlagintweit 20 000 *cbm*/sec = 630.72 *cbkm* pro Jahr. Keine der genannten Angaben enthält nähere Einzelheiten über die Art und Weise der Schätzung, so daß allen diesen Angaben nur ein zweifelhafter Wert beizumessen ist.

Anders verfuhr Haughton[1]) bei der Bestimmung des Abflusses des Ganges und Brahmaputra: In den Jahren 1831 und 1832 wurden von Everest bei Ghazipur Bestimmungen der Wassermenge vorgenommen, die sich im Mittel zu 203 485 Kubikfuß pro Sekunde ergab. Charles Lyell[2]) schlug nun vor, daraus die gesamte Abflußmenge des Stromes im Verhältnisse 670 : 150 herzuleiten. Dieses Verfahren erschien jedoch Haughton zu ungenau, und daher bestimmte er das Flußgebiet ober- und unterhalb Ghazipur und nahm an, daß die Wassermenge sich etwa proportional der Größe des Stromgebietes ändere; auf diese Weise erhielt er für die Mündung des Ganges einen jährlichen Abfluß von 97.17 Kubikmeilen. Analog verfuhr Haughton beim Brahmaputra. Die Wassermenge desselben schätzte Willcox[3]) während der Trockenzeit auf 150 000 Kubikfuß in der Sekunde, für den Ganges nimmt Haughton 76000 an. Unter der Voraussetzung, daß die Niedrig- und Mittelwasser beider Flüsse ungefähr proportional sind, bekommt Haughton als Mittelwasserführung für den Brahmaputra $97.17 \cdot \frac{150}{76} = 191.78$ Kubikmeilen. Für beide Ströme ergibt sich daraus eine Wassermenge von 288.95 Kubikmeilen = 1204.33 *cbkm*.

Es muß freilich zugestanden werden, daß Haughtons Methode nicht frei von Willkür ist; doch ist sein Resultat noch das beste unter den vorliegenden. Die jährliche Abflußmenge beider Ströme zusammen wurde daher auf rund 1200 *cbkm* veranschlagt.

31. I n d u s. Über die Wassermenge des Indus liegt eine schon ziemlich alte Schätzung von Tremenheere[4]) vor, der bei einer Berechnung der im Laufe des Jahres von dem Strome mitgeführten Schlammasse das Hochwasser zu 380 000 und das Mittelwasser zu 200 000 Kubikfuß pro Sekunde = 178.56 *cbkm* im Jahre ansetzt. Auf diese Angabe bezieht sich 1874 Reclus, der 1883 außerdem noch eine Angabe von Carless von 5935 *cbm*/sec = 187.16 *cbkm* pro Jahr mitteilt. Beide Zahlen stimmen nicht schlecht überein; die Angabe von Tremenheere wurde der Rechnung zugrunde gelegt. Murray 108.50 *cbkm*.

32. S a l u e n. Die einzige Mitteilung über die mittlere Wassermenge des Saluen fand sich bei Reclus (1883), der dieselbe nach Gordon zu 1500 *cbm*/sec = 47.30 *cbkm* jährlich angibt.

33. M e k o n g. Die ersten Grundlagen für die Berechnung der Wassermenge des Mekong bildeten Schätzungen von Garnier,[5]) dann Messungen von Boulanger.[6]) Auf diesen Angaben fußend, berechnete W. Sievers[7]) die mittlere

1) Haughton, Notes on the annual Water-Discharge of large Rivers. Proceedings of the Royal Society. Dublin 1878. **2.** p. 259.

2) Lyell, Principles of Geology.

3) Asiatic Researches **7.** p. 466.

4) Tremenheere, On the lower Portion of the River Indus. Journal of the R. Geogr. Soc. London 1867.

5) Garnier, Voyage d'exploration en Indo-Chine. Paris 1873. **1.** p. 225.

6) Boulanger, Le débit du Mékong. Cochin-chine française **9.** p. 495.

7) Sievers, Die Hydrographie d. östl. Indochina. Zeitschr. f. wissenschaftl. Geographie 1885. **5.** p. 83.

Wassermenge zu 90 000 *cbm*/sec = 1400 *cbkm* pro Jahr. Diese Zahl ist jedoch bedeutend größer als die Niederschlagsmenge und stellt ein Wasservolumen dar, das dem des Amazonas nur wenig nachsteht.

Auf die Angabe von Garnier bezieht sich auch Reclus 1874, während er 1883 nach Delaporte eine mittlere Wassermenge von 4500 *cbm*/sec = 141.91 *cbkm* pro Jahr mitteilt. Konnte diese Zahl auch auf ihren Ursprung nicht geprüft werden, so wurde sie doch als dem wahren Werte bedeutend näher kommend angesehen und in die Berechnungen eingeführt.

34. I r a w a d i. Über den Irawadi besitzen wir eine Monographie von Gordon.[1]) Nach dessen Angaben wurden vom Juli 1872 bis September 1873 in Saiktha, dem Wurzelpunkte des Deltas, Wassermengenmessungen gemacht. Gleichzeitige Messungen sind in Zaloon, etwa 1600 *km* weiter oberhalb, und auf dem Nawoon unterhalb der Vereinigung seiner beiden Arme, angestellt worden; auch sind Messungen für die große Flut von 1875 vorhanden. Aus allen diesen Angaben berechnete Gordon die während der Jahre 1870 bis 1877 abgeflossene Wassermenge des Irawadi zu 3 422 450 Millionen *cbm* oder durchschnittlich für ein Jahr 428 *cbkm*. Diese Zahl, die auch Reclus 1883 veröffentlicht, dürfte wohl nach der ganzen Art der Berechnung als ein der Wahrheit naher Wert der Wasserführung gelten. Murray: 343.02 *cbkm*.

35. G o d a v a r y. Als mittlere Wassermenge des Godavary gibt Sievers,[2]) der sich auf Angaben von Schlagintweit stützt,[3]) 38 200 *cbm*/sec = 1204.63 *cbkm* jährlich an. Diese Zahl erscheint jedoch bei der verhältnismäßig geringen Ausdehnung des Flußgebietes wohl als zu hoch und übertrifft auch die Niederschlagsmenge. Wir sind daher hier nur auf die Murraysche Angabe von 70.19 *cbkm* angewiesen; diese ist auch, nach dem sich ergebenden Abflußfaktor zu urteilen, bedeutend wahrscheinlicher.

36. K r i s h n a. Hier gilt dasselbe wie für den Godavary. Sievers hat 734.78 *cbkm*, Murray 61.58 *cbkm*. Letztere Angabe wurde in die Rechnungen eingeführt.

37. N i l. Für den Nil finden sich in der Literatur eine ganze Reihe von Angaben der Wasserführung, die aber beträchtlich auseinandergehen. So gibt Beadmore (1862) nach Girard 149.47 *cbkm*, Sonklar (1873) 343.12 *cbkm*, Reclus (1883) nach Lombardini 108.04 *cbkm*, nach Talabot 91.70 *cbkm*, Franzius-Sonne (1892) 54.87 *cbkm* an.

Neuere Veröffentlichungen von Lyons[4]) bringen einige Klarheit in diese Zahlen. Lyons veröffentlicht regelmäßige Beobachtungen der Wassermenge des weißen und blauen Niles oberhalb Kartum vom Mai 1902 bis Dezember 1903. Diese Zahlen wurden von Fritzsche monateweise zusammengestellt und die mittlere Wassermenge nach ihrer Vereinigung zu 2748 *cbm*/sec = 86.66 *cbkm* pro Jahr ermittelt. Ferner berechnete sich der Abfluß während des Hochwassers in den Monaten Juli bis Oktober zu 52.84 *cbkm*, also zu 60.97% des Jahresmittels. Die Niederschlagsmenge auf dem Einzugsgebiete des Niles oberhalb Kartum beträgt 1934.71 *cbkm*, also der Abflußfaktor 4.48%. Für Assuan ist das Mittel der Flutmenge vom 1. Juli bis 31. Oktober nach dem Mittel von 1869 bis 1903: 65.10 *cbkm*. Nimmt man nun für Assuan dasselbe Verhältnis der Hochwasser zur Jahresmenge an wie in Kartum, so ergibt sich als jährlicher Abfluß bei Assuan 106.92 *cbkm*. Der Niederschlag oberhalb Assuan beträgt 2336.75 *cbkm*, also der Abflußfaktor 4.47%. Unterhalb Assuan findet nun keine Zufuhr durch Nebenflüsse, sondern eine starke Verdunstung statt. Die Wassermenge in Kairo muß also geringer als bei Assuan sein. Nach dieser Überlegung scheiden die Angaben von Beadmore und Sonklar sofort

---

[1]) Gordon, Report on the Irrawaddy River. Rangoon 1879.

[2]) Sievers, Asien 1904. p. 512.

[3]) Schlagintweit, Scientificiel Results of a mission to India and High-Asia. Leipzig 1860 bis 1866. Gütige Mitteilung von Prof. Sievers-Gießen.

[4]) Lyons, On the Nile Flood and its Variation. Geogr. Journal 1905. **2.**

aus, ebenso wird aber auch diejenige von Franzius-Sonne unwahrscheinlich. Die Abflußmenge dürfte vielmehr rund 100 *cbkm* im Jahre betragen. Diese Zahl wurde von Fritzsche angenommen und deckt sich ziemlich mit der von Murray: 101.43 *cbkm*; sie ergibt einen jährlichen Abflußfaktor von 4.26%.

38. Kongo. Für den Kongo liegen gar keine Messungen, nur Schätzungen der Wassermengen vor. Chavanne[1]) nimmt für die Trockenzeit eine Wassermasse von mindestens 70 000 bis 80 000, für das Maximum der Flutschwelle aber jedenfalls 120 000 *cbm*/sec an. Als mittlern Abfluß würde man danach etwa 100 000 *cbm*/sec anzunehmen haben, eine Zahl, die der Abflußmenge des Amazonas gleichkäme. Dies ist jedoch unwahrscheinlich und damit die Annahme von Chavanne zu verwerfen, ebenso wie diejenige von Franzius-Sonne, der 96 000 *cbm*/sec angibt. Dubois[2]) hat dann auch wesentlich kleinere Wassermengen. Er schätzt das Niederwasser auf 40 000, das Hochwasser auf 60 000 bis 80 000 und nach einigen, von ihm selbst als übertrieben bezeichneten Schätzungen auf 100 000 bis 120 000 *cbm*/sec. Hiernach hätte man das Mittelwasser zu 50 000 bis 60 000 *cbm*/sec anzusetzen, eine Zahl, die durch die 60 000 *cbm*/sec betragende Angabe von Reclus an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Dies würde eine Jahresmenge von 1892.14 *cbkm* ergeben. Murray: 1747.54 *cbkm*.

39. Niger. Auch beim Niger sind nur angenäherte Schätzungen vorhanden. Chavanne[3]) schätzt die Wassermenge während der Trockenheit auf 28 000 bis 30 000 *cbm*/sec, eine Zahl, die auch von Hahn[4]) übernommen wurde. Diese Zahl dürfte jedoch etwa für den jährlichen Mittelwert gelten, denn auf S. 164 und 166 schreibt Chavanne dem Benuë eine Wassermenge von 12 000 bis 15 000 *cbm*/sec im Mittel zu, die diejenige des Niger noch übertreffen soll. Die Wasserführung der vereinten Ströme wäre demnach vielleicht zu 25 000 bis 30 000 *cbm*/sec = 800 bis 900 *cbkm* jährlich anzunehmen. Als runde Zahl wurde daher 900 *cbkm* angesetzt.

40. Kunene. Gessert[5]) bespricht die Rentabilität und Baukosten einer Kuneneableitung zur Bewässerung der südlich von ihm liegenden Landstrecken und gibt dabei die jährliche Wassermenge zu etwa 15 *cbkm* an. Diese Nachricht bezieht sich auf keine Quelle, scheint aber nach dem Werte des Abflußfaktors im großen und ganzen richtig zu sein.

41. Oranje. Für den Oranje fanden sich keine Angaben der Wassermenge außer den von Murray gegebenen: 91.17 *cbkm*.

42. Olifant. Hier gilt das zu Oranje bemerkte (2.83 *cbkm*).

43. Amazonas. Daß bei den riesenhaften Dimensionen des Amazonenstromes eine Bestimmung der Wassermenge desselben mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, und die Resultate eines solchen auf große Genauigkeit keinen Anspruch machen können, liegt auf der Hand. Doch sind für den Amazonas zwei Messungen vorhanden,[6]) die wenigstens eine Grundlage für Schätzungen bilden können. Die Entrepriseexpedition stellte an zwei Punkten zwischen Obidos und der Madeiramündung die Wassermasse fest und fand bei Serpa 104 000 *cbm*/sec, bei Villa Bella 105 000 *cbm*/sec. Diese Messungen bezogen sich auf einen Wasserstand von 7 *m* über Niederwasser, also auf hohes Mittelwasser. Für die Bestimmung des gesamten Volumens fehlen hier noch die Wassermassen des Tapajoz und Xingu, die ebenfalls sehr bedeutend sind. Sievers[7]) nimmt daher 120 000 *cbm*/sec für den ganzen Amazonenstrom bei hohem Mittelwasser als nicht zu hoch gegriffen an. Dubois und Reclus nehmen

---

[1]) Chavanne, Afrikas Ströme und Flüsse 1883. p. 117.
[2]) Dubois a. a. O. 1893. p. 302.
[3]) Chavanne a. a. O. 1883. p. 160.
[4]) Hahn, Afrika 1901. p. 424.
[5]) Gessert, Rentabil. u. Bauk. e. Kuneneableitung. Globus 1904. **85**. p. 339.
[6]) Schichtel, Der Amazonenstrom. Inaug.-Diss. Straßburg 1893.
[7]) Sievers, Südamerika 1903. p. 147.

dagegen nur 80 000 *cbm*/sec an. Katzer[1]) schätzte das Mittelwasser bei der Bestimmung des mitgeführten Schlammes auf 100 000 *cbm*/sec = 3153.60 *cbkm* jährlich. Diese Angabe wurde als runde Zahl in die Berechnungen eingeführt. Murray hat 2200.45 *cbkm*.

44. Orinoco. Die Wassermenge des Orinoco bei Mittelwasser wird von Orton[2]) zu ca. 14 000 *cbm*/sec = 441.60 *cbkm* jährlich angenommen. Auf diese Angabe stützen sich auch Reclus, Dubois und Sievers.[3]) Da andere Angaben nicht vorliegen, so wurde diese der Rechnung zugrunde gelegt. Murray: 509.50 *cbkm*.

45. Magdalena. Über die Wassermenge des Magdalena finden sich Angaben bei Reclus und Dubois, die beide ohne Quellennennung das Mittelwasser zu 7500 *cbm*/sec = 236.52 *cbkm* pro Jahr annehmen. Murray: 247.80 *cbkm*.

46. St. Franzisko. Die Wassermenge des St. Franzisko gibt Sievers[4]) zu 2800 *cbm*/sec = 80.30 *cbkm* pro Jahr an; er stützt sich dabei auf Messungen von Halfeld.[5]) Murray: 92.51 *cbkm*.

47. La Plata. Als mittlere Wasserabfuhr des vereinigten Parana und Uruguay gibt 1883 Reclus nach Aguirre und Bateman 42 000 *cbm*/sec, während Dubois (1893) 40 000 *cbm*/sec = 1261.40 *cbkm* pro Jahr mitteilt. Murray nimmt für den Parana 786.70, für den Uruguay 133.90, zusammen 920.60 *cbkm* an.

48. Rio Grande del Norte. Die Wassermenge des Rio Grande bei El Paso, am Oberlaufe des Flusses, wird von Newell[6]) nach dreijährigen Mitteln (1890 bis 1892) zu 1755 Kubikfuß in der Sekunde mitgeteilt. Für die Wassermenge an der Mündung kam nur eine Angabe bei Reclus in Betracht, der diese nach Bell und Blodget zu 1600 *cbm*/sec = 50.46 *cbkm* jährlich erhöht. Diese Zahl stimmt auch gut zu der Murrayschen: 52.83 *cbkm*.

49. Colorado. Für das Mittelwasser des Colorado gibt Reclus 1874 nach Bell und Blodget 100 *cbm*/sec = 3.15 *cbkm* pro Jahr, 1883 nach Wheeler gerade den doppelten Wert an. Beide Zahlen haben sich nach den Untersuchungen von Newell[7]) als bedeutend zu klein erwiesen. Nach dessen Mitteilungen wurden im Jahre 1875 und 1876 durch die Wheeler Survey Wassermengenmessungen an drei Punkten vorgenommen: Bei Stone's Ferry in Nevada, bei Camp Mohave in Arizona und bei Fort Yuma in Kalifornien. Am 20. März 1876 wurde die Wassermenge bei Fort Yuma mittels eines Querprofiles und der mittlern Geschwindigkeit zu 7659 Kubikfuß in der Sekunde bestimmt. Diese Messung bezog sich nach den beigefügten Wasserstandskurven auf niedrigen Wasserstand, und zwar, wie angegeben, auf 10.19 Fuß unter der Hochwassermarke von 1862. Die Hochwasser des Colorado rufen nun eine bedeutend größere Geschwindigkeit und einen größern Querschnitt hervor, so daß die Hochwassermenge auf mindestens 49 850 oder rund 50 000 Kubikfuß pro Sekunde angegeben ist. Danach wurde die mittlere Wassermenge zu rund 35 000 Kubikfuß pro Sekunde = 31.25 *cbkm* im Jahre geschätzt.

50. Mississippi. Der Mississippi gehört zu den Flüssen, deren Wasserführung sich schon früh das Interesse und die Arbeit der Ingenieure

---

[1]) Katzer, Das Wasser des untern Amazonas. Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der böhm. Ges. d. Wissensch. Prag 1867.

[2]) L. Wagner, Das Stromsystem des Orinoco. 31. Bericht des oberhess. Ges. f. Natur- und Heilkunde 1896. p. 42.

[3]) Sievers, Südamerika 1903. p. 114.

[4]) Sievers, ibid. p. 212.

[5]) Halfeld, Atlas e Relatorio concernente exploraçao do Rio de S. Franzisko. Rio de Janeiro 1860. p. 4. Gütige Mitteilung von Prof. Sievers.

[6]) Newell, Results of Stream Measurements. 14. Report of the U. S. Geolog. Survey 1894. p. 115.

[7]) Newell, Hydrography of the arid Regions. 12. Report of the U. S. Geological Survey 1890. p. 291.

zuwandte. So haben wir denn schon 1861 eine eingehende Monographie[1]) dieses Stromes, die lange als Grundlage für alles Zahlenmaterial gegolten hat. Die mittlere Wassermenge von 1818 bis 1860 ist darin zu 19 400 Milliarden Kubikfuß = 549.30 *cbkm* jährlich angegeben. Auf diesen Wert beziehen sich Reclus (1874 und 1883), ferner Mellard Reade,[2]) Sonklar, Woeikof,[3]) Deckert,[4]) Gordon[5]) und Dubois. Dieses Werk ist heute durch die neuern Angaben Greenleafs[6]) überholt worden, welche auch die neuern Pegelbeobachtungen noch berücksichtigen und die durchschnittliche Wassermenge auf 664 000 Kubikfuß = 592.88 *cbkm* jährlich feststellen. Diese Zahl dürfte augenblicklich als die zuverlässigste zu gelten haben und findet sich auch bei Deckert[7]) zitiert. Murray: 523.50 *cbkm*.

51. St. Lorenz. Über den St. Lorenzstrom schreibt 1896 W. Bell Dawson[8]): „The volume discharged by the St. Lawrenze has been measured immediately above Lake St. Peter at different seasons, and with the addition of the Richelieu, St. Maurice and other tributaries along its estuary, the total volume of fresh water discharge would probably amount in all to 340 000 cubic feet per second." Unter Zugrundelegung dieser Zahl ergibt sich der jährliche Abfluß zu 303.59 *cbkm*. Eine zweieinhalbmal so große Abflußmenge gibt 1892 Deckert[9]) an, der, allerdings ohne Quellennennung, die mittlere sekundliche Wasserführung zu 25 000 *cbm*/sec = 788.40 *cbkm* jährlich mitteilt. Jedoch hat Deckert diese Zahl wieder aufgegeben und bezieht sich auf 1904[10]) auf die von Bell-Dawson mitgeteilte Abflußmenge, indem er die Wassermenge oberhalb der St. Petersinsel auf 10 000 *cbm*/sec = 315.56 *cbkm* veranschlagt. Auf die Dawsonsche Angabe stützt sich auch Schott.[11]) Auch Reclus gibt sowohl 1874 als 1883 für den mittlern Abfluß des St. Lorenz nach Messungen von Sommerville und Lombardini 10 000 *cbm*/sec = 315.36 *cbkm* jährlich an, während Franzius und Sonne als Wassermenge des Niagarafalles 11 000 *cbm*/sec = 346.89 *cbkm* und Günther[12]) 30 000 000 *cbm* per Stunde = 262.80 *cbkm* jährlich annimmt. Die Angabe von Dawson wurde als die neueste der sich auf direkte Messungen stützenden Mitteilungen der Wassermenge als die wahrscheinlichste angenommen. Murray: 363.91 *cbkm*.

52. Murray. Mit dem Murray beschäftigt sich eine Arbeit von Thomson, der über die Wasserführung an verschiedenen Punkten Angaben macht. Aus diesen berechnet Klein[13]) die mittlere Abflußmenge des Flusses zu 1900 *cbm*/sec = 59.92 *cbkm* pro Jahr.

In dem Verzeichnisse fehlen mehrere große Ströme, so Jenissei, Lena, Amur, Euphrat, Tigris, Mackenzie, offenbar weil über ihre Wassermenge gar keine zuverlässigen Angaben vorliegen. Die gesamte Abflußmenge der oben angegebenen Ströme beträgt pro Jahr 13 294 *cbkm*, eine Zahl, die man mit Rück-

---

[1]) Humphreys and Abbot, Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi 1861. p. 134.

[2]) F. Mellard Reade, Denudation of the two Americas. American Journ. of Science. **29**. 1885.

[3]) Woeikof, Klimate der Erde 1887. **2**, p. 263.

[4]) Deckert, Mississippi u. Lorenzstrom. Aus allen Weltteilen 1892. p. 159.

[5]) Gordon, The Irrawaddy River 1879. **1**. p. 4.

[6]) Greenleaf, The Hydrology of the Mississippi. American Journal of Science Ser. 3. 1896. **2**.

[7]) Deckert, Nordamerika 1904. p. 58.

[8]) Report of Progress. Ottawa 1896. p. 14.

[9]) Deckert, Mississippi u. Lorenzstrom. Aus allen Weltteilen 1892. p. 186.

[10]) Deckert, Nordamerika 1904. p. 59.

[11]) Schott, Beitr. z. Hydrographie d. St. Lorenzgolfes. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1897. p. 120.

[12]) Günther, Handbuch der Geophysik 1899. **2**. p. 817.

[13]) Jahrb. der Astron. und Geophysik 1896. p. 277.

sicht auf die nicht mit aufgezählten Ströme wohl auf 15 000 *cbkm* (36.7 Kubikmeilen) abrunden kann.

Die hydrographischen Verhältnisse des Moselgebietes. Auf Veranlassung der Reichskommission zur Untersuchung der Stromverhältnisse des Rheines und seiner wichtigsten Nebenflüsse ist ähnlich wie früher für den Main[1]) eine zusammenfassende Darstellung der hydrologischen Verhältnisse des Einzugsgebietes, des Niederschlages und der Abflußerscheinungen der Mosel zustande gekommen, die von Dr. M. von Tein bearbeitet wurde[2]) und ein bedeutendes geographisches Interesse besitzt. Der Hauptinhalt folgt hier kurz zusammengefaßt.

Die Mosel entspringt auf der französischen Seite der Vogesen. Unter den Wasserläufen, die von den Westabhängen des Tête des Allemands abströmen und sich bei dem Orte Bussang vereinigen, wird als Quellbach der Mosel das unweit der Paßhöhe des Vogesenüberganges zwischen Urbis und Bussang in einer Höhe von 683 *m* entspringende Gewässer angesehen. Weder bedeutendere Ursprungshöhe, noch besonderer Wasserreichtum zeichnet die Moselquelle vor den übrigen Quellen der nächsten Umgebung aus. Die Moselquelle entspringt den hier in das kristallinische Urgebirgsgestein eingefalteten stellenweise von Granit durchbrochenen Grauwacken des Kulm und erzeugt einen lebhaften Gebirgsbach, der in wenig eingeschnittenem, felsigem Gerinne mit einem Gefälle von mehr als 25 $^0/_{00}$ nach Westen abfließt. Bei Bussang, in einer Höhe von rund 600 *m* erhält die Mosel die ersten Zuflüsse, wendet sich dann südwestlich und erreicht nach etwa 9 *km* langem Laufe in einer mit Alluvium überdeckten Talweitung St. Maurice. Das Gefälle des Baches ist hier nur mehr halb so groß als im Ursprungsgebiete; dagegen nimmt sein Wasserreichtum durch Zuflüsse von den nördlichen und nordöstlichen Abhängen des Elsässer Belchen und des Ballon de Servance her, aus Gebieten, die vorwiegend aus Granit bestehen, nicht unerheblich zu.

Unterhalb Remiremont verläßt die Mosel die Vogesen und damit zugleich im allgemeinen das Urgebirge, durchfließt das hügelige Vorland aus Trias und Lias bestehend, welches sich westlich vor den Vogesen ausbreitet, tritt bei Pont St. Vincent in die Doggerschichten ein, welche sie in geradem Tale und im Sinne der Schichtenneigung in dem Plateau de Haye durchschneidet, und gelangt unweit Toul in eine tonige Ebene. Hier beschreibt der Fluß eine große Schleife und durchschneidet aufs neue, nun aber dem Schichtenfalle entgegen, das Plateau der untern Oolithe von Haye bis zur Mündung der Meurthe.

Von Epinal bis zur Mündung der Meurthe wurde das eigentliche Flußgerinne für die Zwecke des Wasserverkehres stellenweise künstlich umgestaltet, auch wohl durch Seitenkanäle, die meist die stärkern Flußkrümmen abschneiden, ersetzt. Die Flußsohle ist nur in geringem Maße beweglich, die Geschiebeführung unbedeutend. Die von der Mosel, namentlich bei größern Anschwellungen, mitgeführten festen Stoffe bestehen hauptsächlich aus den sandigen Verwitterungserzeugnissen der Urgebirgsgesteine. Die Breite des Gerinnes erreicht oberhalb Epinal bei Niederwasser ungefähr 40 *m*, nimmt aber gegen die Mündung der Meurthe hin auf 60 bis 80 *m* zu. Die meist niedrigen Ufer werden bei höhern Wasserständen bald überflutet; in diesen Flußstrecken mit ihrer breiten, flachen Talsohle können hierwegen zu Zeiten größerer Anschwellungen vorüber-

---

1) Dieses Jahrbuch XII. p. 317.

2) Untersuchungen der Hochwasserverhältnisse im Deutschen Rheingebiete. 7. Heft. Das Moselgebiet, bearbeitet von Dr. M. von Tein. Mit 12 Tafeln. Berlin 1905. Wilhelm Ernst und Sohn.

gehend nicht unbedeutende Wassermassen aufgespeichert werden, wodurch der Ablauf in einer für die untern Flußabschnitte vorteilhaften Art verzögert wird.

Unter den Nebenflüssen sind Moselotte, Vologne, Durbion, Avière, Euron, Madon mit Brénon und Terrouin die bedeutendsten.

Etwa 14 *km* unterhalb der Mündung des Terrouin empfängt die Mosel auf der rechten Seite die Meurthe, welche in bezug auf Lauflänge, Größe des Einzugsgebietes und Wasserreichtum von der Mosel nur wenig übertroffen wird. Sie entspringt in 1075 *m* Höhe am Nordabhange des Collet, des westlichen Ausläufers vom Col de la Schlucht unweit der Quellen der zur obern Mosel abströmenden Vologne.

Nach Aufnahme der Meurthe verfolgt die Mosel zunächst ein nahezu gerades, fast nordwärts ziehendes Durchbruchstal, welches durch spätere Abtrennung der Côte de Faye von der Plaine de Briey entstanden ist, wendet sich bei Pagny nordöstlich und erreicht an der Mündung der Seille das weite, wellige Gelände westlich des Steilabfalles der Plaine de Briey. Das genannte Erosionstal ist nahezu vollständig in die dunkelgefärbten Ton- und Mergelschichten des untern und mittlern Lias eingeschnitten, indes die anschließenden Hochflächen rechts vorwiegend durch die Mergel, links durch die oolithischen Kalke des mittlern und obern Doggers gebildet werden. Die bedeutenden Veränderungen, welche hier Tal und Lauf der Mosel seit der Diluvialzeit erfahren haben, sind in den Geröll- und Sandablagerungen, den Absätzen der ehemaligen, höher gelegenen Flußbetten an zahlreichen Stellen über der gegenwärtigen Talsohle zu erkennen. So finden sich alte Anschwemmungen bis zu 70 *m* Höhe über der Sohle des Moseltales und bis zu 4 *km* Entfernung von dem Flußlaufe; am deutlichsten sind sie erhalten geblieben auf der 10 bis 15 *m* mächtigen und gegen 30 *m* hochliegenden, von der Mosel und der Seille umflossenen Terrasse.

Zwischen Pont-à-Mousson und Pagny ist das Moseltal etwa 2, zwischen Novéant und Ars gegen 1 *km* breit. Die Gehänge steigen nicht viel über 150 *m* an, wobei das rechtsseitige meist eine steilere Neigung besitzt als das gewöhnlich im Wind- und Regenschatten liegende linke. Die Einflüsse der Witterung im Zusammenhange mit der wechselnden Widerstandsfähigkeit der Gesteine bewirken diese Verschiedenheit in der Ausbildung der Talwände und in der Breite der Talsohle. In großen Windungen durchzieht die Mosel die breite Alluvialfläche, bald die rechte, bald die linke Talwand berührend. Das Flußbett ist an einigen Stellen gespalten, so unterhalb Custines, bei Dieulouard, Ars, Vaux und mehrfach bei Metz, wodurch daselbst die Insel St. Symphorien, die Weiden- und Friedhofsinsel gebildet werden. Das Gerinne ist meist ziemlich tief in das Gelände eingeschnitten, auch beträgt die durchschnittliche Flußbreite zwischen den Ufern gegen 150 *m*, so daß das eigentliche Flußgerinne erst bei größern Anschwellungen überschritten wird. Schutzanlagen gegen Überflutungen der breiten flachen Talsohle bestehen nur vereinzelt.

Der seitliche Zufluß zur Mosel zwischen Frouard und Metz ist im Verhältnisse zur Wasserführung des Flusses gering und beschränkt sich fast vollständig auf die linke Seite, von woher die Ache oder Esse und der Rupt de Mad zufließen. Rechts der Mosel verläuft in geringer Entfernung vom Flußtale über die Höhen der Côte de Faye die Wasserscheide gegen die Seille; von dieser Seite empfängt die Mosel nur unwesentliche Verstärkungen.

Unterhalb der Seillemündung fließt die Mosel in breiter flacher Niederung, anfänglich dem Steilabfalle der Plaine de Briey noch gleichlaufend, indes weiter von ihm entfernt als oberhalb Metz, bis zur Mündung der Orne, wendet sich hierauf nach Nordosten und folgt von Diedenhofen ab bis zum Durchbruche durch das rheinische Schiefergebirge der durch Erosion und Verwerfung entstandenen Grabenversenkung, die in ihrer südwestlichen Fortsetzung teilweise auch der Orne ihren Lauf vorgezeichnet hat.

Der Lauf der Mosel durch die breite Niederung oberhalb Diedenhofen, wie auch im Durchbruchstale zwischen Sierck und Wasserbillig, ist ziemlich regelmäßig gestaltet. Die Breite des Flußbettes, welche früher zwischen 90 und 250 *m* wechselte, ist gegenwärtig durchschnittlich 150 *m*. Spaltungen des Gerinnes sind selten. Das Gerinne ist meist tief in die aus feinen Geschieben und aus Sand bestehende Talsohle eingeschnitten — stellenweise sogar bis auf den darunter befindlichen festen Felsboden. Die so entstehenden natürlichen Schwellen bilden ebenso wie die von den Seitenbächen unterhalb Sierck in der Mosel abgelagerten Geschiebemassen zahlreiche Stromschnellen, die eine regelmäßige Ausbildung des Flußgerinnes nach der Tiefe verhindern. Die Wassertiefen wechseln denn auch zwischen 0.6 bis 0.7 *m* über den Schwellen und 6 bis 8 *m* in den eingeschlossenen Haltungen.

Bedeutendern Zufluß empfängt die Mosel zwischen der Seille und Sauer hauptsächlich nur auf der linken Seite durch Orne, Fensch und Sir aus dem Jura; auf der rechten Seite führt die bei Königsmachern mündende Kanner die meisten der kleinen Abflüsse des welligen Geländes zwischen Metz und Diedenhofen der Mosel zu.

Ungefähr 5 *km* unterhalb der Mündung der Sauer, in der großen Talweitung von Trier empfängt die Mosel von der rechten Seite her ihren bedeutendsten und für ihr Verhalten in dem untern Flußabschnitte maßgebenden Nebenfluß, die Saar. Diese entsteht bei Hermelingen aus der Weißen und Roten Saar, die beide von dem vom Donen zum Noll ziehenden Hauptkamme der Nordvogesen in nordwestlicher Richtung abströmen.

An der Saarmündung erreicht das Moseltal eine Breite von etwa 2 *km*, während die gegen 200 *m* hohen Gehänge namentlich links des Flusses, wo sie durch Vogesensandstein gebildet werden, steil ansteigen. Auf der rechten Seite der Mosel erheben sich stufenförmig die Vorhöhen des Hochwaldes. Das Tal verläuft an der Grenze von Devon und Buntsandstein in fast gerader Richtung nach Nordosten, während die Mosel die von neuzeitlichem Gerölle und Schwemmlande bedeckte Talsohle in einer schlanken Doppelwindung durchzieht. Das Flußbett ist fast überall tief in das Gelände eingeschnitten, das sich 5 bis 6 *m* über den mittlern Wasserstand der Mosel erhebt und die Kennzeichen alter Uferbildungen trägt; Überflutungen treten erst bei ungewöhnlich hohen Wasserständen ein. Die Breite des Flußgerinnes erreicht zwischen den Ufern durchschnittlich 200 *m*; bei Trier selbst wird durch die St. Martinsinsel eine Teilung des Bettes herbeigeführt. Durch künstliches Eingreifen wurde der Zustand des Moselbettes zunächst ober- und unterhalb Trier schon erheblich verbessert.

Zwischen der Saar und Kill fließen der Mosel meist nur unbedeutende Gewässer zu; westlich von Pallien vereinigen sich mehrere Wasserläufe, unter denen der Gillenbach in der Nähe von Pallien zur Regenzeit einen 20 *m* hohen Wasserfall in einer 50 *m* breiten Schlucht bildet. Auf der rechten Moselseite findet sich nur ein bemerkenswertes Gewässer, der Ruwer, der sich unweit Pfalzel in die Mosel ergießt.

Nach Aufnahme der Kill ändert die Mosel in scharfer Biegung bei Quint abermals die Laufrichtung, fließt nun südöstlich und dringt unmittelbar darauf bei Schweich in das rheinische Schiefergebirge ein, in welchem sie, im allgemeinen der Streichrichtung des Gebirges folgend, in einem engen, tief eingeschnittenen und stark gewundenen, durch gewaltige diluviale Erosion entstandenen Tale ihren Unterlauf vollendet. Während noch an der Killmündung das Moseltal eine Breite von etwa 2 *km* besitzt, verengt sich dasselbe bei dem Eintritte in das Schiefergebirge bis auf wenige hundert Meter. Weit und teilweise mit steilen Gehängen, springen die schmalen, aber 300 bis 400 *m* über das Flußbett aufragenden Devonrücken von Süden her in das Moseltal vor. Bei dem stark schiefrigen Gefüge der Schichten hat der Fluß durch Unterspülung und Abbrechen der Schichtenköpfe auf der einen Seite des Tales stets eine steile Felswand erzeugt, der sein konkaves Ufer anliegt, während die andere Tal-

lehne in der Regel nur allmählich ansteigt. Je nach der größern oder geringern Widerstandsfähigkeit des vom Flusse getroffenen Gesteines ist hierbei das Wasser scharf abgelenkt worden oder hat sich in mehr gerader Richtung Bahn gebrochen; daher ist die Richtung des Tales und damit auch die des Flusses vielfach wechselnd, namentlich zwischen Schweich-Ensch, Köwerich-Neumagen, Piesport-Wintrich, Bernkastel-Cröv, Wolf-Enkirch, Pünderich-Alf, Alf-Eller, Eller und Cochem finden sich sehr bedeutende Schleifen; von Cochem abwärts bis zur Mündung sind dagegen Tal und Lauf der Mosel gestreckt und fast genau nordöstlich gerichtet.

Nicht allezeit hat die Mosel die gegenwärtige Richtung verfolgt, wie die zahlreichen, in verschiedener Höhenlage über der heutigen Talsohle noch mehr und minder deutlich erkennbaren alten Moselschleifen, sowie Überreste diluvialer Flußabsätze, beweisen. Der nachweisbar älteste Lauf der Mosel war über die Terrasse südlich von Wasserbillig, nördlich und nordöstlich von Liersberg, nördlich von Trier über den Wackenberg und durch den Pfalzeler Wald gerichtet und lag 140 bis 150 *m* über dem gegenwärtigen Flußbette. Wahrscheinlich besaß aber die Mosel in der Gegend von Trier (wenn auch nicht gleichzeitig mit dem erwähnten nördlichen Arme) noch einen südlichen Lauf, der über die Flächen am Roscheider Hofe und Mariahofe, über Kernscheid und Tarforst geführt und noch bestanden haben dürfte, als die Mosel nur mehr 80 *m* über der jetzigen Talsohle lief.

Der Verlauf der Mosel durch das meist enge, felsige Durchbruchstal mit seinen großartigen Windungen kommt selbstverständlich in der Beschaffenheit des Flußgerinnes entsprechend zur Geltung. In den Talweiten haben sich ähnlich wie bei Trier und an der Killmündung, an zahlreichen Stellen Flußspaltungen mit Inseln von langgestreckter Form gebildet, so bei Enkirch, Zell, Bullay, Aldegund, Eller, Ediger, Nehren, Pommern, Müden, Moselkern, Burgen, Hatzenport, zwischen Ober- und Niederfell und oberhalb Winningen; mehrere dieser Spaltungen sind indes gegenwärtig künstlich beseitigt, und die Nebenarme zur Verlandung gebracht; an ebensolchen Stellen mit überreicher Breite bleiben die bei Anschwellungen der Mosel in Bewegung gesetzten Geschiebe in bedeutenden Massen liegen und erzeugen hierdurch Stromschnellen (Furten) in großer Zahl, welche mit weitreichenden Stauungen (Wogen) wechseln. An andern Orten durchziehen feste Felsbänke riff- oder schwellenartig das Flußbett und erzeugen ebenfalls Untiefen. Breite und Tiefe des Flußbettes unterliegen hierwegen nicht unbedeutenden Schwankungen. In den meist felsigen Flußengen sind beide Ufer oft nur 30 *m* entfernt; anderseits erreicht die Mosel in den Talweiten eine Breite von über 200 *m*, in den Flußspaltungen wohl auch wesentlich mehr.

Die größten Tiefen (in den Wogen) erreichen 6 bis 8 *m*, die geringsten Tiefen über den Furten in früherer Zeit dagegen 0.6 *m*; durch Absprengen der Felsenköpfe und Durchbaggern der festgelagerten Geschiebebänke im Flußbette ist es möglich gewesen, diese großen Unterschiede wenigstens teilweise auszugleichen und die Abflußverhältnisse, namentlich bei höhern Wasserständen, gleichartiger zu gestalten.

Bei Moselweiß erreicht die Mosel das Rheintal innerhalb der bedeutenden Ausbuchtung desselben im Becken von Neuwied und mündet nach kurzem Laufe am Rande dieses Beckens bei Coblenz in den Rhein. Noch in diluvialer Zeit hat die Mündung nach H. v. Dechen an einer Stelle gelegen, die gegenwärtig durch eine Linie zwischen Fort Konstantin und Feste Franz bezeichnet werden kann, sich jedoch 25 *m* über dem gegenwärtigen Rheinspiegel befindet; die Mündung hat sich hiernach seitdem nicht unerheblich nach Osten verlegt.

Größere Nebenflüsse empfängt die Mosel innerhalb des rheinischen Schiefergebirges — abgesehen von der Dhron, welche aus dem Hunsrück zufließt — nur mehr aus der Eifel; die bedeutendern sind Salm, Lieser, Alf und Elz.

Die Untersuchung der Niederschlags- und Abflußverhältnisse, sowie über die Beziehungen beider im Moselgebiete nehmen natürlich den größten

Raum in der Abhandlung Dr. von Teins ein, und sie sind durch zahlreiche Diagramme und Karten näher erläutert. Hier können nur die hauptsächlichsten Ergebnisse in der vom Verfasser gegebenen Form teilweise angeführt werden.

Größe und Gliederung des Einzugsgebietes. Das Moselgebiet umfaßt eine Gesamteinzugsfläche von 28 230 *qkm*; von dieser entfallen auf die obere Mosel 3734 *qkm*, auf die Meurthe 3085 *qkm*, die mittlere Mosel 5262 *qkm*, die Sauer 4338 *qkm*, die Saar 7421 *qkm* und auf die untere Mosel 4390 *qkm*.

Höhenverhältnisse. Die mittlere Erhebung des Moselgebietes erreicht 340 *m*. Die Durchschnittshöhe der zur Mosel entwässernden Vogesenabhänge beträgt gegen 490 *m*, die Mittelhöhe der Stufenlandschaften 280 *m*, des Hunsrück 370 *m*, des Luxemburger Tafellandes 310 *m*, der Eifel und der Ardennen 430 *m*.

Bewaldung. Von der ganzen Einzugsfläche des Moselgebietes sind 8580 *qkm* (durchschnittlich 30.4%) bewaldet; am waldreichsten sind die Südvogesen mit 42%, die Nordvogesen mit 46%, Hunsrück mit 51 %; am wenigsten Wald tragen die Stufenlandschaften, nämlich im Durchschnitte 25%, zwischen Sanon, Nied und Seille nur 9.2% der Gesamtfläche. Die reichste Bewaldung, 46%, trägt der Buntsandstein, mit Ausnahme seiner mittlern Stufen, sodann das Urgebirge mit 38 bis 40%; am wenigsten Wald, 20%, findet sich im Gebiete des Schwarzen Jura, dessen meist schwere Böden vorwiegend landwirtschaftlich benutzt sind. Größere zusammenhängende Waldgebiete sind Forêt de Celles, Forêt de Ste. Barbe, Forêt d'Epinal, Forêt de Charmes, Forêt de Haye, der Forst bei Bispingen, der Idar- und Hochwald im Hunsrück, sodann der Kondelwald und schließlich der Killwald auf der Eifel.

Die wahre Flußlänge der Mosel erreicht 545 *km*, die orographische Flußlänge (Länge des Moseltales) rund 450 *km*, die gerade Entfernung der Quelle von der Mündung dagegen nur 280 *km*.

Die Fallhöhe beträgt im ganzen 623 *m*, das mittlere Gefälle 1.14 ‰; von der Meurthe- bis zur Moselmündung ist das mittlere Gefälle nur 0.35 ‰, von der Saar- bis zur Moselmündung 0.34 ‰.

Die Wasserspiegelbreite bei mittlern Wasserständen erreicht zu Epinal gegen 50 *m*, sie wächst unterhalb der Meurthe (zu Pont-à-Mousson) auf 140 *m* an, beträgt zu Ay, unweit Metz, 120 bis 130 *m*, zu Trier 170 *m*, dagegen im Durchbruchstale bei Cochem nur 110 bis 120 *m*.

Die Uferhöhe entspricht einem Moselstande von 150 bis 200 *cm* zu Epinal, von etwa 400 *cm* zu Millery, von 450 bis 500 *cm* zu Trier und von 500 bis 550 *cm* zu Cochem.

Der benetzte Querschnitt umfaßt bei mittlerm Wasserstande zu Jarménil, 15 *km* oberhalb Epinal, 25 bis 30 *qm*, zu Pont-à-Mousson etwa 180 *qm* und zu Trier gegen 400 *qm*.

Regenbringende Winde. Die Hauptursache der Niederschläge im Moselgebiete sind die meist mehrere Tage anhaltend wehenden feuchten West- und Südwestwinde; mehr als 80% aller Niederschläge fallen bei diesen Windrichtungen. Die westlichen Winde sind nicht nur für die Menge, sondern auch für die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge maßgebend.

Die räumliche Niederschlagsverteilung entspricht im allgemeinen der Bodenerhebung und der Lage der Beobachtungsorte zu den Hauptgebirgszügen. Die meisten Niederschläge fallen in den Südvogesen, stellenweise 1800 *mm*, im Durchschnitte über 1400 *mm*; in den Nordvogesen sind beobachtet vereinzelt bis zu 1400 *mm*, durchschnittlich gegen 1100 *mm*; über 1000 *mm* sind gemessen an mehrern Orten im Hochwalde des Hunsrück, dessen mittlere Regenhöhe indes nicht über 800 *mm* ansteigt; Ardennen und Eifel weisen durchschnittlich 700 bis 800 *mm*, das Luxemburger Tafelland gegen 700 *mm* auf, an einzelnen Stellen der Schneeeifel wird jedoch ein jährlicher Niederschlag von mehr als 900 *mm* Höhe beobachtet. Als verhältnismäßig niederschlagsarm gilt besonders das untere Moseltal, wo

die jährliche Regenhöhe 600 *mm* nicht mehr überschreitet. Im Gebiete der obern Mosel und Meurthe fallen durchschnittlich 923 *mm*; die mittlere Mosel erhält 657 *mm*, die Saar 763 *mm*, die Sauer und die untere Mosel wenig mehr als 700 *mm*, das ganze Moselgebiet 761 *mm*.

Die mittlere Jahresmenge des Niederschlages des Gesamtmoselgebietes erreicht 21 550 Millionen *cbm*. Die Niederschlagsmenge des Einzugsgebietes bei Trier 18 490 Millionen *cbm*; an der letztgenannten Menge ist am meisten beteiligt der Monat Oktober mit rund 2170, am wenigsten der Monat April mit rund 1150 Millionen *cbm*. Auf die Gebiete der obern Mosel und der Meurthe entfallen rund 6300, auf die mittlere Mosel 3460, auf die Sauer 3130, die Saar 5560 Millionen *cbm*.

Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge. Im allgemeinen gilt Oktober als der niederschlagsreichste, April als der regenärmste Monat; in den hochgelegenen Teilen der Vogesen wird dagegen ein deutliches Wintermaximum beobachtet; die geringsten Niederschläge fallen hier im Mai. Im untern Moseltale nähern sich die Niederschlagsverhältnisse jenen des Rheintales zwischen Bingen und Bonn; der meiste Regen fällt daselbst im Juli, der wenigste wird im Februar oder November beobachtet. Die jahreszeitliche Verteilung ist im übrigen in allen Gebietsabschnitten ziemlich gleichartig.

Die Zahl der Niederschlagstage erreicht in den westlichen Teilen der Stufenlandschaften rund 150 und beträgt in den östlichen Abschnitten des Moselgebietes übereinstimmend gegen 170; sie nimmt von Westen gegen Osten zu. Die mittlere Zahl der Regentage im ganzen Moselgebiete ist 163. Die Regenwahrscheinlichkeit nimmt von 0.41 im Westen bis 0.46 und 0.47 im Osten zu und ist im Gesamtgebiete 0.45.

Die größte tägliche Höhe des Niederschlages, welche im gebirgigen Teile des Moselgebietes erwartet werden darf, wird im allgemeinen 100 *mm* nur in seltenen Fällen überschreiten; in den westlichen Stufenlandschaften können 50 bis 60 *mm*, in den östlichen 60 bis 70 *mm*, im rheinischen Schiefergebirge und auf dem Luxemburger Tafellande gegen 60 *mm* Niederschlag als Höchstbeträge gelten.

Überall fallen die Maxima in die Sommer- und ersten Herbstmonate, im Gefolge von Gewittererscheinungen.

Die Zahl der Regen- wie auch der Trockenperioden nimmt mit der Dauer der Perioden ab; das Gesetz der Abnahme ist für beide Erscheinungen nahezu das gleiche. Die Niederschlagsperioden sind im Westen des Moselgebietes nicht so häufig als im Osten, bei Trockenperioden findet sich das entgegengesetzte Verhalten.

Regenhäufigkeit. Unter den Regentagen finden sich jene mit 3 bis 5 *mm* Niederschlagshöhe am häufigsten; mit wachsender Höhe der Tagessumme nimmt die Häufigkeit schnell ab.

Am häufigsten sind Regenfälle von weniger als viertelstündiger Dauer; 65% der Regenfälle haben eine kürzere Dauer als 1 Stunde; Regen von längerer als zehnstündiger Dauer sind selten. Unter den Regentagen sind jene mit ein- bis zweistündigem Niederschlage am häufigsten.

Im Laufe eines Tages sind zwei Zeiträume größerer Regenergiebigkeit zu beobachten, die durch solche von geringerer getrennt werden. Die beiden Maxima fallen auf die Frühstunden zwischen 1^h und 3^h und auf die Zeit von 11^h vormittags bis 4^h nachmittags. Die Minima sind zwischen 7^h und 9^h morgens, sowie um 8^h abends beobachtet.

Schnee fällt im Moselgebiete im allgemeinen zwischen September und Mai, doch werden in den Vogesen zuweilen noch im Juni und schon wieder im August Schneefälle beobachtet. Am schneereichsten ist in den Vogesen der Februar; gegen 90% der Niederschläge dieses Monates fallen in fester Form, auch im Dezember und Januar und selbst noch im März fallen nahezu 80% als Schnee. Auf der lothringischen Hochebene und im rheinischen Schiefergebirge schneit es am häufigsten im Januar.

Von der ganzen jährlichen Niederschlagsmenge fallen in den Vogesen (Gr. Belchen) 44% in fester Form. Die mittlere Zahl der Tage mit Schneefall erreicht gegen 70.

Allgemeine Abflußbedingungen. Die Abflußmenge hängt außer von der Regenmenge und der natürlichen Beschaffenheit des Einzugsgebietes im wesentlichen von der Luftwärme ab, welche Verdunstung und Pflanzenwachstum bedingt. Die Luftwärme bewegt sich im größten Teile des Moselgebietes zwischen 1° im Dezember-Januar und 18° im Juli, in den höhern Lagen der Südvogesen zwischen — 4° im Winter und 10 bis 11° im Sommer. Die Zeit stärkster Verdunstung und Austrocknung des Bodens fällt im allgemeinen in die Monate Mai bis September, in den Vogesen zwischen Juni und September. Eistage, an welchen der oberirdische Abfluß durch Frost ganz oder teilweise aufgehoben ist, sind zwischen November und März beobachtet worden; ihre durchschnittliche Zahl (Mittel aus neun Jahren) ist im November 1.7, Dezember 10.1, Januar 13.6, Februar 6.1 und März 1.9 Tage.

Die mittlere jährliche Abflußmenge der Mosel, ferner die größte und kleinste monatliche Abflußmenge (in Millionen *cbm*), sind für die obere Mosel zu Epinal 1309, 159 im Dezember, 73 im Juni; die Mosel bei Millery 2120, 284 im Januar, 82 im August; die Mosel unterhalb der Sauermündung 4629, 754 im Januar, 149 im Juli; die Mosel unterhalb der Saar (bei Trier) 6964, 1172 im Januar, 224 im Juli.

Die kleinste sekundliche Abflußmenge in der untern Mosel verhält sich zur größten wie 1 : 133; die Abflußmenge des größten bisher beobachteten eisfreien Hochwasserstandes ergibt 166 *l* für jeden Quadratkilometer.

Die niedrigsten Wasserstände der Mosel fallen im allgemeinen auf den Sommer 1893; sie dürfen als die niedrigsten des neunzehnten Jahrhunderts betrachtet werden. Die höchsten Wasserstände werden, soweit verläßliche Aufzeichnungen vorliegen, in der obern Mosel durch das Hochwasser von 1895, in der mittlern durch jenes von 1844, in der untern Mosel und in der Saar durch die Fluterscheinung im Gefolge des Eisganges vom Februar 1784 bezeichnet.

Die größten Moselanschwellungen entstehen meist durch Überregnung des Einzugsgebietes bei gleichzeitigem Abgange einer stärkern Schneelage über gefrorenem oder durchfeuchtetem Boden. Regenfälle ohne Schneeschmelze führen hohe Anschwellungen nur ausnahmsweise herbei; bedeutendere Hochwassererscheinungen im Sommer sind hierwegen selten.

Die zahlreichen Ergebnisse, welche Dr. von Tein aus der Bearbeitung des sämtlichen Beobachtungsmateriales ermittelt hat, über den speziellen Verlauf der Anschwellungen der Mosel und den Einfluß der einzelnen Zuflüsse auf denselben, sowie über die Zeitdauer, welche eine Anschwellung bei verschiedenen Wasserhöhen zu ihrer Fortbewegung gebraucht, können nur von dem Fachhydrographen nach ihrer ganzen Bedeutung gewürdigt werden. Sie bilden das Hauptergebnis der Untersuchung und ermöglichen die Umstände, welche zu dem Auftreten der Hochwasserabstiege im Moselgebiete führen und den Verlauf der Anschwellungen bedingen, besser als seither der Fall war, zu beurteilen.

Die Müritz ist in den Jahren 1900 bis 1904 von E. Geinitz und W. Peltz sondiert worden. In den Begleitworten zur Tiefenkarte der Müritz bemerkt W. Peltz:[1])

Gemessen sind 150 bis 200 Linien in einer Gesamtlänge von rund 280 *km*, ausgelotet rund 3000 Tiefen, das sind für eine Gesamtfläche

---

[1]) Archiv der Fr. d. Naturgeschichte in Mecklenburg 1906. **60.**

von rund 111 *qkm* 27 Punkte auf 1 *qkm*. Sämtliche Messungen sind im Winter auf dem Eise ausgeführt.

Die Darstellung ergibt topographisch kurz folgendes:

In Beziehung auf das Gesamtgebiet stellt sich die Müritz dar als Mittelpunkt und höchstgelegener Wasserspiegel eines vor dem zurückweichenden Inlandeise in der Ausbildung nicht fertig gewordenen Tales, das nach Südsüdost zum Havelgebiete und zum Finowkanale, nach Nordwest zur Wismarschen Bucht abfällt. Seine Ränder sind nach Südwest, mehr noch nach Nordost, vielfach durchbrochen. Seine Bildung aus Hunderten von einzelnen Strudelkesseln, deren Ränder dann durch Auswaschung mehr oder weniger breit und tief durchbrochen sind, ist sehr deutlich auf der Höhenschichtenkarte von Mecklenburg zu ersehen. Besonders im Südosten hat die erodierende Tätigkeit des Wassers die Spuren der evortierenden stark verwischt, wie eine nach Süd und Ost an die vorgenannte Karte anschließende Darstellung der Höhenverhältnisse zeigt, zu welcher die Vorarbeiten seit 14 Jahren meist vollendet sind, welche aber aus Mangel an Mitteln nicht fertig gestellt werden kann.

In der Müritz selbst treten die Strudelkessel mit den kurzen Talrinnen des Tief-Waren und Stadtgrabens, des Feisnecksees, des Schamper Mühlbaches, des Röbeler Tales in der Tiefe auf der Westseite des Sees deutlich hervor. Sehr charakteristisch ist die Stelle zwischen Sietow und Sembzin, an welcher die von Norden, Süden und Westen kommenden Talläufe zusammentreffen, ausgebildet. Dagegen sind im östlichen Teile des jetzigen Sees und in der daran schließenden Niederung die Reste der einzelnen Kessel durch Sandeinwehung und Mooraufwuchs verwischt und verschwinden von Jahr zu Jahr mehr fürs Auge.

Die mittlere Tiefe des Sees ist 6.3 *m*, Tiefen über 30 *m* kommen nur in verschwindend geringer Ausdehnung vor. Prof. Geinitz bemerkt noch:

„Die Karte lehrt die Richtigkeit der Bezeichnung „Kombinationssee", d. h. die Müritz ist ein aus einzelnen Depressionen bestehendes, durch gemeinsamen Wasserspiegel verbundenes Ganzes. Man erkennt den Typus der Rinnen- oder Wannentäler, vom Eisrande ausgehend verlaufen sie in südwestlicher Richtung, doch konnten sich nicht fertige Täler ausbilden, sondern die Rinnen sind gewissermaßen stecken geblieben, indem von den Höhen der „südlichen Hauptendmoräne", wie von den im Westen und Südosten gelegenen Zwischenhöhen Talungen entgegentreten.

Ob man den flachen Hauptteil der Müritz als „Muldensee" betrachten darf, ist jetzt zweifelhaft geworden.

Die ausgeprägte Nordost- bis Südwestrichtung der Wannen zeigt eine Übereinstimmung mit derjenigen unserer sonstigen ostmecklenburgischen Täler, und man könnte auch an die Möglichkeit denken, daß hier tektonische Linien mit maßgebend waren, Quer-

brüche in dem herzynisch streichenden Kreidegebirge; es fehlen indes zurzeit irgendwelche sichere Anhaltspunkte für eine solche Hypothese.

Die geringe Tiefe des Sees ist auffällig und mahnt zu haushälterischer Nutzung. Je nach den Jahreszeiten macht sich schon jetzt ein Schwanken des Spiegels bemerkbar; auf den flachen Uferseiten im Osten findet ein starker Landzuwachs statt. Ein größerer Wasserverbrauch durch Absenkung, etwa für Kanalbauten, würde weite Sandflächen trocken legen, der Tausch wäre ein schlechter: statt der Wasserfläche flaches Sandödland!

Daß auch in frühern Zeiten Schwankungen des Wasserspiegels einerseits große Teile trocken gelegt haben und wiederum früher isolierte Seebecken zu dem einen See vereinigt, geht aus den Mitteilungen von Steusloff hervor."

Untersuchungen im Deltagebiete des Großen und Kleinen Mäanders hat Dr. Alfred Grund angestellt und darüber einen vorläufigen Bericht erstattet.[1])

Diese Mitteilung beschäftigt sich mit der Ursache des Salzgehaltes im Grundwasser des Kleinen Mäanderdeltas, die auf die ehemals größere Ausdehnung des Meeres zurückzuführen ist, das nach der Verbreitung mariner Strandkliffs im Tale bis Ketshi Kale gereicht hat. Das Delta des Großen Mäanders ist im Gegensatze zu dem jetzt nahezu stabilen Delta des Kleinen Mäanders ein aktiv sich vorschiebendes Delta. Auch hier reichte das Meer früher tief ins heutige Mäandertal bis zur Mündung des Derbent Tschai oberhalb Sokia. Schließlich versucht Dr. Grund die Verlandung Milets und die Abdämmung des Latmischen Golfes durch Vergleich des physikalisch-geographischen Befundes mit der historischen Überlieferung zu erklären. Die Höhenlage der Hafenbauten von Milet schließt wie bei Ephesus eine vertikale Strandverschiebung in historischer Zeit aus.

Veränderungen im Unterlaufe des Euphrat. H. W. Cadoux hat 1903 an Ort und Stelle Beobachtungen hierüber gemacht.[2])

Der Strom ist bei Museijib in der Trockenzeit etwa 180 *m* breit und $4^1/_2$ *m* tief. Die Ufer sind $2^1/_2$ bis $4^1/_2$ *m* hoch und aus Alluvialsand gebildet, der wenig oder keine Kohäsion zeigt, und dieser Umstand hat auf die Veränderungen des Flußlaufes beträchtlichen Einfluß. Der vom Strome namentlich zur Hochwasserzeit herabgeführte Schlamm und Sand erhöht nämlich Bett und Ufer über das Niveau des Landes zu beiden Seiten, weshalb das Wasser von jeher in das niedrigere Gelände im Westen herausgetreten ist und dort weite Sümpfe gebildet hat, z. B. den Bahr Nedjef. Sie zeigen, daß die beiden Flüsse des Zweistromlandes sich so lange in ihren

[1]) Anzeiger der K. K. Akad. d. Wiss. Wien 1906. p. 458.
[2]) Geogr. Journal 1906. September.

Betten gehalten haben, bis sie sie genug erhöht hatten, um austreten zu können. Bei Museijib führt aus dem Euphrat der Hindijekanal nach Westen hinaus, der heute etwas über 200 *m* breit ist und in gerader Richtung dem Euphrat parallel läuft; er hält nicht nur infolge seiner Strömung sein Bett frei von Schlamm, sondern vertieft es auch stellenweise. Um nun das Land zwischen Museijib und Samawa, wo der Kanal sich wieder mit dem Euphrat vereinigt, vor Schaden zu schützen, hat die Regierung über den Kanal an seinem jetzigen Austritte einen Damm geführt, der den Wasserstand im Euphratbette um 2 *m* erhöht und diesem ein Drittel des Wassers sichert, während zwei Drittel durch den Hindijekanal gehen. Soweit die Menschen an dem heutigen traurigen Zustande schuld sind, erwähnt Cadoux die Bewässerungsmethode der am Flusse abwärts von Hilleh wohnenden Araber. Sie leiten in Kanälen viel mehr Wasser ab, als sie zur Bewässerung ihrer Reis- und Getreidefelder brauchen, so daß viel Wasser nutzlos in die Sümpfe und verloren geht. Deshalb erhalten die unterhalb Diwanije am Euphrat wohnenden Araber nicht genug Wasser und bauen im Juni und Juli Dämme aus mit Lehm gefüllten Körben („Sukurs") quer durch den Fluß. Dadurch wird die Strömung verringert, und das Verschlammen des Bettes oberhalb der Dämme gesteigert. Es wirkt auch die große Masse des vom Winde fortgeführten Sandes ein, der sich im Flusse ablagert, wenn seine transportierende Kraft am kleinsten geworden ist. Den „Gnadenstoß" endlich erhielt das Land infolge eines Dammbruches bei Museijib im Juli 1903, so daß das untere Euphratbett auf 240 *km* völlig trocken gelegt wurde, und alles Wasser durch den Hindijekanal ging. Nur einige Wochen während der Hochflut erreicht ein wenig Wasser Hilleh und die Dörfer weiter unterhalb, so daß es zweifelhaft ist, ob noch etwas seinen Weg bis Samawa findet. Wenn diese Verhältnisse, so bemerkt Cadoux, noch einige Jahre länger andauern, so wird die große Ebene von Chaldäa ihr Opfer sein. Das in Rede stehende Gebiet durchzieht die Terrasse der geplanten Bagdadbahn."[1])

Die Periodizität der Flutschwankungen des untern Niles und deren mutmaßliche Ursachen besprach Kapt. H. G. Lyons in der Royal Geographical Society.[2]) Vor allem wird die Unregelmäßigkeit des Eintrittes des niedrigsten und höchsten Wasserstandes des Niles in den einzelnen Jahren konstatiert. Sie ergibt sich aus den in Chartum und Assuan angestellten Messungen von 1869 bis 1903. Das Minimum stellt sich meistens in Chartum in der ersten Dekade, in Assuan in der letzten Dekade des Mai bis Mitte Juni ein. Abweichungen von dieser Regel um mehrere Wochen früher oder später zeigen sich an beiden Orten. Das Maximum tritt in Chartum sowohl

[1]) Globus **90**. p. 260.
[2]) Geogr. Journal **26**. Nr. 3/4.

wie in Assuan gewöhnlich zu Anfang oder Mitte September ein, ausnahmsweise auch einen Monat früher. Daß das Maximum gleichzeitig in Assuan und in Chartum, ja in Assuan manchmal eher als in Chartum erreicht wird, hat darin seinen Grund, daß der zwischen beiden Orten mündende Atbara zuweilen eine vorzeitige Wassermenge dem untern Nile zuführt.

Eine zweite, ebenfalls sehr starke Unregelmäßigkeit zeigt sich in der quantitativen Verschiedenheit der jährlichen Maxima und Minima der Nilfluten. Doch hat man bei ihnen eine Art von Gesetzmäßigkeit entdeckt; auf Grund genauer Berechnungen ergab sich nämlich, daß die Maxima die normale Wassermenge um 30% übertreffen und die Minima um 30% unter ihr bleiben.

Forscht man nach der Quelle dieser zeitlichen und quantitativen Unregelmäßigkeiten, so muß zuerst die Frage entschieden werden: Von welchem Zuflusse hängt das Steigen und Sinken des untern Niles hauptsächlich ab, vom Blauen oder vom Weißen Nile? Die Entscheidung ist zwar schon längst zugunsten des Blauen Niles gefallen; aber daß der Weiße Nil einen kaum beachtenswerten Einfluß auf die ägyptischen Nilfluten ausübt, darüber haben erst die neuesten, auf das sorgfältigste angestellten Messungen in Chartum und Duem absolute Gewißheit verschafft, wie Kapitän Lyons ausführlich nachweist.

Eine weitere Frage ist die: Gibt es eine periodenweise, auch nur annähernd regelmäßige Wiederkehr der Maxima und Minima der Nilfluten? Obwohl man jetzt zuverlässige Messungen besitzt, die sich auf einen Zeitraum von 80 Jahren erstrecken, so ist die Feststellung einer konstanten Periodizität bisher nicht gelungen. Die höchsten Wasserstände liegen oft mehrere Jahre weit auseinander, bald folgen sie sich rasch. Durch Lyons' Diagramm wird auch die Behauptung widerlegt, daß ein äußerst niedriges Minimum der Vorgänger eines besonders hohen Maximums sei. Eine Andeutung von Regelmäßigkeit hat man übrigens aus der Tabelle der Messungen in Assuan von 1869 bis 1903 herausgefunden: nach ungefähr 17 Jahren erfolgt stets ein Maximum von anormaler Höhe. Da man jedoch aus den Aufzeichnungen früherer Jahre ein gleiches nicht nachweisen kann, so wird auch die Hypothese von dieser Art Periodizität hinfällig.

Da der Blaue Nil hauptsächlich mit seinen linksseitigen Nebenflüssen, welche die abessinischen Provinzen Schoa, Walega und Kaffa entwässern, der Nährvater des ägyptischen Niles ist, so sind natürlich die Regen Abessiniens entscheidend für die Stärke und Schwäche der Nilfluten. Man hat nun versucht, diese mit außertellurischen oder außerafrikanischen atmosphärischen Zuständen in Zusammenhang zu bringen, und zwar entweder mit der 35-jährigen Periode in Brückners „Klimaschwankungen“ oder mit der elfjährigen Sonnenfleckenperiode oder endlich mit dem Südostmonsun und der Regenzeit Indiens.

Lyons unterwirft diese drei Hypothesen einer sorgfältigen Prüfung. Er liefert den Nachweis, daß die Brücknersche Periodizität keineswegs immer zutreffend in den Nilflutmessungen wiederzufinden ist; im Gegenteile, gerade in die Trockenperioden Brückners fallen mehrmals besonders starke Hochfluten. Nur bezüglich der „temporären Ausnahmen" Brückners ergibt sich hier und da eine Übereinstimmung. Ähnlich verhält es sich mit der Periode der Sonnenflecken; ein Maximum derselben entspricht wohl zuweilen einem Maximum der Nilflut, aber fast ebenso häufig einem Minimum. Der Regen in Abessinien hängt eben — bemerkt Lyons — von Ursachen ab, die ein Zusammenfallen der Sonnenfleckmaxima mit den höchsten Anschwellungen des Niles verhindern. Mit größerer Wahrscheinlichkeit läßt sich ein Zusammenhang der Nilflutschwankungen mit den intensivsten Regen- oder Trockenjahren Indiens annehmen; doch von einer konstanten Abhängigkeit kann auch hier keine Rede sein. Denn in neun Jahren von 28 Jahren war zu gleicher Zeit das Steigen oder Sinken des Niles verschieden von der Regenfülle oder Dürre in Indien.

Kapitän Lyons stellt schließlich als Ergebnis seiner umsichtigen kritischen Untersuchungen den Satz auf: „Soweit unsere gegenwärtigen Kenntnisse reichen, hängen die Nilflutschwankungen wohl in erster Linie von dem Monsun des Indischen Ozeanes ab, doch werden sie zugleich von lokal beschränkten meteorologischen Zuständen, und zwar wesentlich von den Nordostafrika beherrschenden Luftdruckverhältnissen beeinflußt.[1])

Die Wasserfälle des Sambesi schilderte auf Grund eigener Anschauung Prof. Dr. Richard Beck.[2]) Dieselben lassen sich mit keinem andern großen Wasserfalle vergleichen. Ihre Eigenartigkeit besteht darin, daß sie auf einer kaum merklich geneigten, fast ebenen, 900 *m* über dem Meere gelegenen Hochfläche sich befinden, die von einem Systeme basaltischer Lavadecken gebildet wird. Oberhalb der Fälle fließt der Strom in einem 1.5 *km* breiten und sehr seichten Bette dahin und ist reich an bewaldeten Inseln, unterhalb der Fälle aber hat er eine mäandrisch gewundene, sehr enge und tiefe Talschlucht, den Batoka-Cañon, in das vulkanische Gestein eingeschnitten. Der Sambesi stürzt sich nicht, wie der Niagara, über eine Stufe hinab, sondern fällt in eine 1.5 *km* lange, 130 *m* breite und bis 126 *m* tiefe Kluft, aus der sein Wasser nur mittels einer schmalen Pforte den Ausgang und zugleich den Zugang in den Batoka-Cañon gewinnt. Sieht man die Fälle von ihrem Ostende aus, sozusagen im Profile, so bemerkt man, daß tatsächlich nur ein kaum wahrnehmbarer Höhenunterschied zwischen dem Gelände oberhalb und dem unterhalb der langen Linie der Fälle besteht.

---

[1]) Globus 88. p. 304.
[2]) Mitteilungen d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1905. p. XXXV.

Dicht unterhalb der großen Kluft erstreckt sich ein üppiger Hochwald, der sogenannte Regenwald, genährt von dem bei Hochwasser als starker Regen niedergehenden Sprühwasser der Fälle, dessen weiße Wolke bis 300 *m* hoch aufsteigt und auf 75 *km* Entfernung gesehen werden kann. Dieser urwaldartige Wald sticht sehr merklich gegen den lichten und dürren Savannenwald ab, der ringsum die Hochebene bedeckt.

Seen und Moore.

Umgestaltende Vorgänge in Binnenseen behandelte Jentzsch.[1]) Schon früher hatte er auf die weite Verbreitung von Strömungen in Binnenseen hingewiesen, welche durch Vorschieben von Sand an den Ufern die Bildung von Haken (Kliffhaken usw.) veranlassen und zeitweise zu einem Kreislaufe des Oberflächenwassers führen. „Die inzwischen fortgesetzten Beobachtungen haben diesen Satz bestätigt und eigenartige Abweichungen zwischen den Küstenveränderungen der Binnenseen und der Meere ergeben. Diese Abweichungen sind nicht nur durch den Mangel der Gezeiten und des Salzgehaltes, sondern ganz besonders durch die Größenverhältnisse bedingt. Denn die zur geologischen Gestaltung zusammenwirkenden Kräfte, Massen und Widerstände wirken nach sehr verschiedenen Potenzen der Dimensionen. Deshalb müssen in ähnlich gestalteten, aber verschieden großen geodynamischen Einheiten die an sich ähnlichen geologischen Kräfte zu verschiedener Gestaltung führen. In den kleinern Binnenseen, wie sie unser norddeutsches Flachland aufweist, fehlen die von den Meeresküsten her wohlbekannten kliffähnlichen Steilufer, Flachufersäume, Haken und Nehrungen zwar nicht völlig, aber die Haken nehmen mit Vorliebe eine abweichende Gestalt und Lage an.

Während an Meeresküsten alles dahin wirkt, den Verlauf der Uferlinien zu vereinfachen, bemerken wir an Binnenseen daneben Vorgänge von entgegengesetzter Wirkung. Während an Meeresküsten Kliffhaken und Nehrungen die Richtung der sie ernährenden Kliffstücke geradlinig oder mit leichter Ablenkung fortsetzen, herrschen an den kleinern Binnenseen die Querhaken, deren Achse einen großen, oft nahezu rechten Winkel mit den angrenzenden Teilen der Uferlinie bildet. Dabei geht letztere meist im Bogen in die Umrandung des Hakens über, so daß dieser in den ersten Stufen seiner Ausbildung einen angenähert dreieckigen Grundriß annimmt, der sich im Laufe der Zeit mehr und mehr zu einer den See durchquerenden Barre auswächst, für welche der Name Seebrücke angemessen erscheint. Das Wachstum der Seebrücke und deren endliche Schließung wird dadurch vorbereitet, daß dem an dem einen Ufer entstehenden

---

[1]) **Zeitschrift d. Deutsch. Geolog. Gesellschaft 57, 4. Heft. p. 423.**

Querhaken vom gegenüberliegenden Ufer her ein anderer entgegenstrebt, etwa ähnlich wie bei einer Wasserhose der strudelnd tief herabziehenden Wolkenspitze eine aus dem Wasser sich erhebende Masse mit gleicher Achse sich entgegenhebt.

Diese Querhaken sind, genau wie die Kliffhaken der Meeresküsten, das Werk von Driftströmungen, also von Bewegungen des Wassers, welche vom Winde veranlaßt werden. Daß letzterer die oberflächlichste Schicht des Wassers im Sinne seiner eigenen Richtung, wenngleich mit geringerer Geschwindigkeit fortbewegt, lehrt die Beobachtung. Die Art, wie diese Oberflächenbewegung sich in die Tiefen des Wassers fortpflanzt, hat Zöppritz 1878 analytisch entwickelt.

Aus seiner Formel folgt zugleich das große Beharrungsvermögen, welches den Driftströmungen innewohnt, und welches nach Zöppritz so weit geht, daß eine vor 10 000 Jahren in den Ozeanen entstandene, hinreichend starke Strömung noch heute nicht völlig verschwunden sein würde.

Die Schnelligkeit, mit welcher sich die Bewegung in der Tiefe fortpflanzt, ist in der Ostsee an dem auf Adlergrund (zwischen Rügen und Bornholm) liegenden Feuerschiffe durch Beobachtungen ermittelt: Tritt dort ein Wind auf, so macht sich sein Einfluß auf die Wasserbewegung sogar in 5 *m* Tiefe fast stets noch am selben Tage fühlbar. Bei Binnenseen liegt die Vermutung nahe, als könne der rasche Wechsel der Winde merkliche Strömungen nicht aufkommen lassen. Demgegenüber ist folgendes anzuführen: Zum Ersatz der durch die Driftströmungen weggeführten Wassermengen entstehen notwendig Ausgleichsströme (Kompensationsdriften). In Binnenseen werden diese dort, wo der Wind genau senkrecht zur Uferlinie steht, ein Aufsteigen von Tiefenwasser unter dem Winde und ein Hinabdrücken von Oberflächenwasser am gegenüberliegenden Ufer herbeiführen. Da aber hierbei die aus der thermischen Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes entspringenden Widerstände zu überwinden sein würden, auch an dem allergrößten Teile des Seeufers der Wind in spitzem Winkel zu letzterm streicht, so folgt für die Kompensationsströmung eine nie ganz fehlende, meist aber überwiegend große seitliche (horizontale) Komponente, d. h. ein Kreislauf des Wassers, zunächst entlang den Uferlinien. Zeitlich aufeinanderfolgende Winde von sehr verschiedener, ja selbst von entgegengesetzter Richtung brauchen ihre Driftwirkungen keineswegs gegenseitig aufzuheben; sie können vielmehr letztere unter Umständen addieren, sobald sie nur gleichsinnige Kreisläufe veranlassen. Letztere sind eben nicht von unendlicher Mannigfaltigkeit, sondern nur entweder rechtsläufig oder linksläufig. Welcher dieser beiden Fälle eintritt, hängt von der Gestalt der Uferlinie und der Verteilung der dieselbe überragenden Höhen ab. So wird, auch wenn ein Wind abflaut oder sich dreht, dessen Driftströmung noch lange fortbestehen

können. Je nach dem Überwiegen der Kräfte wird man in den Haken rechtsdrehende und linksdrehende Seen unterscheiden können, auch mag diese Eigenschaft durch gewisse Änderungen, z. B. das örtliche Emporwachsen eines Waldes, ihr Vorzeichen ändern.

Das Wachsen der Querhaken läßt nun erkennen, daß gerade an kleinern und mittlern Binnenseen (wohl infolge ihrer Flachheit) die Wassermasse nicht als Ganzes sich bewegt, sondern in mehrere (bisweilen viele) einzelne Kreislaufsysteme zerfällt, an deren Berührungsgrenzen die Querhaken entstehen.

Ist einmal die Wassermasse infolge des Mißverhältnisses zwischen Tiefe und Fläche in mehrere solcher Systeme zerrissen, so wirkt dieses Ereignis fort, indem infolge der mählich wachsenden Querhaken die Teilkreisläufe mehr und mehr zwangsläufig werden. Die Verteilung der Wärme und des Gasgehaltes im Wasser, wie des Planktons, sowie die Lage der thermischen Sprungschicht und die Begrenzung der biologischen Regionen muß durch die Drift- und Ausgleichsströme wesentlich beeinflußt werden.

Wenn zwei Querhaken sich entgegenwachsen, so erzeugen sie einen Engpaß, in welchem die den Wasserstand des benachbarten Seeteiles ausgleichende Unterströmung erodierend wirkt. Dort entsteht mithin als mittelbare Wirkung der Driftströme eine örtlich eng beschränkte Vertiefung des Seegrundes, eine Auskolkung. Diese verzögert zugleich die weitere Verlängerung der Querhaken. Haben letztere infolge günstiger Wachstumsbedingungen den Kolk überwunden, so vereinigen sie sich zu einer Seebrücke, und der See hat sich geteilt, ohne daß etwa ein Flußdelta sich vorgeschoben oder eine ursprünglich vorhanden gewesene tiefe, von Reaktions- oder „Neer"-Strömen durchlaufene Bucht abgeschnürt worden wäre.

Flußartig gestreckte Seen, wie solche das norddeutsche Tiefland so vielfach zeigt, können durch Selbstteilung zu Gestalten gelangen, welche an den Längsschnitt einer Nodosaria erinnern; aber auch rundliche Seen bilden, sobald ihre Tiefe gering im Verhältnisse zur Fläche ist, Seebrücken aus, wie dies beispielsweise die Seen von Warnow auf der Insel Wollin (Prov. Pommern) erkennen lassen, wo die Abschnürung bereits zu einer Differenzierung des Planktongehaltes geführt hat.

Wie die von den Meeresgestaden bekannten Kliffhaken den Binnenseen nicht völlig fehlen, sondern nur hinter andern Bildungen an Masse und Häufigkeit zurücktreten, so finden umgekehrt auch die Querhaken der Seen ihre Analogien an den Meeresküsten. Es sind dies die kleinen, auf den gewöhnlichen Karten verschwindenden Spitzen zwischen den Kreisbogen, auf welche Theobald Fischer in seinen Mittelmeerstudien die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Bereits 1885 fand Fischer, „daß überall da, wo das Meer durch Brandungswellen und Strömungen überwiegenden Einfluß auf die Gestaltung und Entwicklung der Küsten ausübt, die Küstenlinie die Form

aneinander gereihter Kreisbogen annimmt, an Steilküsten mit kleinem, an Flachküsten mit großem Radius."

Der gleiche Forscher faßte zwei Jahre später diesen Satz schärfer dahin, „daß an Küsten mit unveränderlichem Meeresspiegel die Brandungswelle, wenn sie die ausschlaggebende, küstengestaltende Kraft ist, konkave Buchten, aber wohl immer nur von geringer Tiefe schaffen kann, an Abrasionsküsten aber in der Regel solche schaffen wird."

Wie schnell in Binnenseen Querhaken entstehen können, zeigt der Umstand, daß sie sogar sich an Eisenbahndämme anlehnen, welche mitten durch Seen geschüttet sind. Jentzsch sah solche an der Bromberg-Dirschauer Bahn bei Laskowitz in Westpreußen und an der Posen-Thorner Bahn bei Mogilno in der Provinz Posen. Erstere Bahn ist 50 Jahre alt, letztere wenig über 30 Jahre.

Wo Moränen, Drumlins, Asar in einen Binnensee hineinragen, entwickelt sich als deren scheinbare Fortsetzung im Wasser ein alluvialer Haken, welcher, seiner ersten Anlage nach ein Kliffhaken, sich bald zum Querhaken ausbildet, wie man dies auch auf Photographien nordschwedischer Landschaften erkennen kann. Ihrem Wesen nach sind die Querhaken Unterwasserbildungen des flachen Wassers und somit nach der für diese bezeichnenden Art aufgebaut. Als Vorläufer erscheinen an der Spitze — bisweilen auch fehlend — Pflanzen mit Schwimmblättern, zumal Nymphaea oder Nuphar. An diese reihen sich Schar bildende Uferpflanzen, insbesondere dichte Bestände von Schilf, Phragmites communis, zwischen denen der angetriebene Schlamm, vermischt mit dem Schilftorfe, sich ansammelt.

So wachsen Haken und Seenbrücken allmählich bis über die Wasserlinie; in andern Fällen werden sie durch Senkung des Seespiegels trocken gelegt und können dann autochthon oder auch durch Überschwemmung und Eisschub noch weiter emporwachsen. Das naturgemäße Profil der Seebrücken ist demnach Torf über Sand, oder Torf über Faulschlamm (insbesondere „Wiesenkalk"); stellenweise auch Sand mit dünner torfähnlicher Humusdecke. Bei ältern Seenbrücken legen sich auf dieses Normalprofil dann noch, je nach der eintretenden Entwicklungsrichtung, entweder Torf (zunächst Caricetum, bei langer Entwicklung bis zum Sphagnetum fortschreitend) oder Sand, Kies, Geröll und Blöcke, letztere als Zeugen stattgefundener Eisschiebungen.

Diese Erscheinung, daß jungalluviale Seenbildungen von Kies und selbst Blöcken überlagert werden, tritt gesetzmäßig überall dort ein, wo nicht übermächtiger Pflanzenwuchs ihr entgegenwirkt; sie wird also namentlich in der pflanzenarmen, dem letzten Rückzuge des Landeises zunächst folgenden, seenreichen Zeit herrschend gewesen sein und uns für deren Ablagerungen als typisch gelten.

„Die im norddeutschen Flachlande so bezeichnenden, langgestreckten Ketten von Seen erklären sich einfach als Reste ursprüng-

lich größerer, zusammenhängender Seen. Und zwar brauchten diese weder durch Moränen abgesperrt, noch in ihren einzelnen Kesseln durch strudelnde Gletscherwässer (Evorsion) ausgekolkt zu werden; sondern die trennenden Kräfte wirkten alluvial und wirken noch heute fort, aber nicht sowohl durch Aushöhlen der Tiefen, als durch Aufbauen der trennenden Brücken. Diese Erkenntnis ist durchaus verträglich mit der Tatsache, daß auch Moränen, Asar und Deltas stellenweise zwei Seen scheiden. Mögen nun lange Seen in Ketten oder rundliche Seen in unregelmäßig zerstreute Restseen sich auflösen, in beiden Fällen zielen die Kräfte auf eine Annäherung an Kreisgestalten und auf eine verhältnismäßige Erhaltung der Tiefen hin, da letztere im allgemeinen nur von den langsam sich aufhäufenden Planktonniederschlägen und nur örtlich und anfangs ausnahmsweise von vorrückenden Haken überdeckt werden.

Diese Neigung zur Kreisgestaltung findet ihren vollkommensten Ausdruck in den kleinsten unserer Seen, den Söllen, welche mit mehr oder minder kreisähnlichen Umrissen zu Zehntausenden das norddeutsche Flachland durchschwärmen und bereits im 18. Jahrhunderte die Aufmerksamkeit erregten. Sie wurden anfangs für vulkanische Krater, später für Erdfälle, neuerdings von einzelnen für Einsenkungen über geschmolzenen Eisblöcken gehalten, während wohl die Mehrzahl der neuern Geologen sie auf Strudel zurückführt. Diese von Berendt und Geinitz, unabhängig voneinander in den Jahren 1879 und 1880 ausgesprochene Ansicht möchte vielleicht für einzelne derselben zutreffen; für die vorhandene große Zahl kann sie nicht gelten.

Dieser Evorsionstheorie gegenüber mußte der Umstand auffällig erscheinen, daß man nirgends neben den Söllen Wälle der durch den Strudel ausgeworfenen Massen fand. Aber man beruhigte sich mit der Erklärung, daß diese mit dem Strudelwasser weit hinweggeführt worden seien.

Angesichts der Versandungen welche alle größern und mittlern Seen in dieser Zeit betroffen haben, wie angesichts der aufbauenden und zerstörenden geologischen Kräfte überhaupt erklärt Jentzsch: Es ist unmöglich, daß eine der als Sölle inmitten losen Schwemmlandes abgebildeten Gestalten ein Jahrtausend lang besteht.

Der scheinbare Evorsionsrand ist nicht im diluvialen Geschiebemergel eingeschnitten, sondern in jungalluviale Aufschüttungsmassen. Oft liegen die Sölle in unmittelbarer Nähe anstehenden Geschiebemergels, bisweilen aber weit davon entfernt. Sie erfüllen Vertiefungen, welche bei Ausfüllung älterer Bodeneinsenkungen zurückgeblieben sind.

In der Mehrzahl der Fälle werden die Sölle die Reste von Seentiefen sein, welche Einsenkungen der diluvialen Oberfläche erfüllten; sie können aber ebensowohl aus Seen und Pfützen alluvialen Alters sich entwickeln. Der Umstand, daß Alluvionen emporwachsen,

konnte auf Abrundung in ähnlicher Weise hinwirken, wie das Aufwachsen bei den vulkanischen Kratern, für welche ein früheres Jahrhundert die Sölle fälschlich erkannt zu haben glaubte. Wenn wir letztere vorwiegend und in größter Zahl in der Nähe der Moränenlandschaften finden, so ist dies erklärlich. Denn eben dort zeichnete sich von altersher die Oberfläche durch überaus kleinfaltige Formen aus, in welchen zahllose Seen und Tümpel und die Regenwässer aufnehmende Senken vorhanden waren. Diese alle wandelten sich durch Hilfe von Abschlämmassen in Sölle um, indem die kleinern sich verkleinerten, die größern sich teilten. Aber Begleiterscheinungen der Eiszeit sind doch nicht die rundlichen, bisher irrtümlich auf Evorsion gedeuteten Sölle in ihrer jetzigen Gestalt, sondern die ganz anders und unregelmäßig gestalteten ursprünglichen Vertiefungen, welche teils der glazialen Aufschüttung, teils der fluvioglazialen oder alluvialen gemeinen Erosion ihre Hohlform verdanken.

Der Ammersee in **Oberbayern** war der Gegenstand von Studien, die Prof. Dr. Ule anstellte.[1] Er hält denselben für eine vorwiegend durch Wassererosion entstandene Senke, für ein durch sein jetziges „Schweb" charakterisiertes altes Flußtal, das durch glaziale und fluvioglaziale Schotter abgedämmt und dadurch in einen See verwandelt wurde. Glazialerosion im Penckschen Sinne lehnt er entschieden ab, weil dagegen die Lage des Sees am Ende des Eisstromes spricht, und er keineswegs eine flache Mulde darstellt, wie sie nach der frühern Tiefenkarte von Geistbeck erschien, sondern eine deutlich ausgeprägte Rinne, wie solche für die Bildung durch Wassererosion so charakteristisch ist. Da die Grundmoräne des jüngsten Gletschers das ganze Becken auskleidet, so muß das Seetal noch vor der Ablagerung der jüngsten Moräne, derjenigen der Würmeiszeit, entstanden sein, fällt also in die Rißeiszeit. Man kann annehmen, daß gegenwärtig etwa nur der dritte Teil der Talwanne mit Wasser gefüllt ist, auch mag eine wenn auch geringe Tieferlegung allmählich eingetreten sein. Die Amplitude des Wasserstandes ist entsprechend der reichlichen Wasserspeisung mehr als doppelt so groß wie bei dem Würmsee, mit dem sonst der Ammersee nach verschiedenen Richtungen hin sehr große Ähnlichkeiten aufweist. Die orographische Verschiedenheit beider Becken zeigt sich hauptsächlich nur in den obern Regionen. Die Sichttiefe ist im Ammersee etwa 1 *m* größer als im Würmsee, doch mögen hier zufällige Umstände eine Rolle spielen; seine Farbe erscheint etwas dunkler und mehr blaugrün.

Das Areal des Sees ist 479 *km*, die größte Tiefe beträgt 82.5, die geringste 37.8 *m*, das Volumen 1775 Millionen Kubikmeter.[2]

---

[1]) Landeskundliche Forschungen, herausgegeben v. d. Geographischen Gesellschaft in München 1906. Heft 1.

[2]) Globus 1906. **90**. p. 227.

Die Seiches im Waginger und Tachinger See. In diesen durch einen kurzen Wasserarm verbundenen Doppelseen kommen Wasserbewegungen vor, die von Dr. A. Endrös jetzt genauer untersucht worden sind.[1]) Das Atmen des Sees, wie die Anwohner einiger Seen dieses periodische Auf- und Niedergehen des Wassers genannt haben, ist aber dem See als ganzem infolge der Einschnürung sehr erschwert; mehr als zehn Schwingungen nacheinander konnten nicht beobachtet werden. Der Schwingungsknoten der Seiche befindet sich in der Mitte zwischen der genannten Einschnürung und einer weitern, im Waginger See gelegenen Beckeneinengung. Eine binodale Schwingung des ganzen Sees konnte dagegen nicht gefunden werden. Dafür hat aber jeder Teilsee seine eigene uninodale Seiche, und zwar der südliche, der Waginger See, eine solche von 16.8 Minuten Dauer, der Tachinger See von 12.56 Minuten, ferner hat jeder seine eigene binodale Schwingung von 11.78 bzw. 6.25 Minuten Periodendauer. Auch die Knoten der genannten Schwingungen wurden zum Teile genau festgestellt und sind in die der Arbeit beiliegende Tiefenkarte eingezeichnet. Außerdem konnten noch acht weitere Schwingungen aufgefunden werden, welche mehrknotige Seiches des einen oder andern Beckens sind. Wichtig ist dabei das Ergebnis, daß die Schwingungen nicht alle in der gleichen Richtung, der Längsrichtung des Sees, erfolgen, sondern daß einzelne gegen das direkt gegenüberliegende Ufer eines der Teilbecken gerichtet sind.

Da die Seichesbewegungen, wie die Untersuchung ergeben hat, durch den beide Seen verbindenden Wasserarm bei Tettenhausen sich fortsetzen, so werden dadurch die den Seeanwohnern wohlbekannten Strömungen an dieser Stelle aufgeklärt. Der Arm bildet zunächst den Abfluß des Tachinger Sees, und es herrscht auch dort eine ständige Strömung gegen den Waginger See. Doch wechselt dieselbe stets und rasch ihre Stärke und kann sich zeitweise umkehren. Die starke Einengung selbst wurde erst künstlich geschaffen, indem im Jahre 1864 der Seespiegel um 1 *m* tiefer gelegt und beiderseits ein 40 *m* langer Damm aufgeführt wurde, um den Arm überbrücken zu können. Durch diese künstliche Zusammenschnürung wurde jedenfalls ein gewaltiger Eingriff in die Schwingungsbewegungen des Sees gemacht, der kaum je mehr sich feststellen lassen wird.

Das Mauerseegebiet. Durch die fortschreitenden geologischen Spezialaufnahmen in Ostpreußen sind wesentliche Aufklärungen über die Entwicklungsgeschichte der dortigen geotektonischen Bildungen gewonnen worden. Besonders von Interesse ist in dieser Beziehung der Nachweis eines ehemaligen diluvialen Sees zwischen Lötzen und Angerburg, der im Süden von Endmoränen, im Norden von dem

[1]) Sitzungsber. d. K. Bayr. Akad., math.-phys. Klasse 1905. p. 447. Petermanns Mitteil. 1906. p. 94, woraus oben der Text.

Rande des Eiswalles aufgestaut war. Dr. G. Braun führte dies des nähern aus.[1]) „Die Schmelzwasser, die den Endmoränen entströmten, haben die Seen der Gegend ausgewaschen und vertieft. Die größte Tiefe des Löwentin liegt gerade vor dem alten Gletschertore, das durch die Lücken der Endmoräne bei Lötzen festgelegt ist, die größte Tiefe des Lötzenschen Kissainsees ebenfalls vor einer solchen Lücke zwischen Faulhöder und Königsspitze. Die größte Tiefe im Mauersee entspricht einer Rinne, die aus dem Pristaniersee herauskommt. Diese Schmelzwasser haben außerdem einen gewaltigen Stausee gebildet, dessen Ausdehnung mit Hilfe von Terrassen und Strandlinien noch jetzt ziemlich genau festgestellt werden kann. Der Wasserspiegel der großen masurischen Seen liegt jetzt gleichmäßig auf 116 *m*. Die höchsten über das ganze Gebiet nachweisbaren Terrassen liegen 15 *m* höher, zwischen 132 und 133 *m*. Es ist mit Sicherheit für die ganze Umgebung ein Wasserstand von 132 *m* nachzuweisen. Das Becken dieses Sees wird im Süden, Osten und Westen von höhern diluvialen Bildungen, seien es Geschiebemergelflächen oder Endmoränen, eingefaßt, aber im Tale der Angerapp fehlt ein stauender Wall. Hier fällt das Gelände in 120 bis 127 *m* Höhe direkt nach Nordosten hin ab. Hier muß der Eisrand selbst mit einer tiefen nördlichen Bucht den Aufstau bewirkt haben. Zur Entwässerung dieses Stausees diente die Lücke bei Lötzen. Der Löwentinsee steht durch Rinnenseen mit dem Spirding und dieser nach Süden mit der Weichsel in Verbindung. Dieser Weg führte das Wasser wohl rasch ab, es trat eine Senkung ein. Ihre Spuren finden sich in einer zweiten Terrassenbildung in etwa 127 *m* Meereshöhe rings um den See. Offen ist nur wieder die Stelle bei Angerburg und bei Pristanien. Hier im Osten muß der Eisrand so lange gelegen haben, bis das Angerapptal unter 315 F. (118 *m*) erodiert war, so daß die Seen dann hier nach Norden abwässern konnten. Durch ein beständiges Tieferlegen dieses nördlichen Abflusses hat sich der jetzige Bestand, diese Häufung von Restseen, herausgebildet.

Die Durchsichtigkeit und Farbe des Plattensees behandelte Dr. E. v. Cholnoky.[2]) Die Durchsichtigkeit desselben ist meist recht gering; in einem in das Eis gehauenen Loche kann sie auf $1^1/_2$ bis 2 *m* angesetzt werden, im offenen Wasser sinkt sie im Sommer bis auf $^1/_4$ *m*. Der Verfasser hat gefunden, daß der Wind die Durchsichtigkeit seichter Seen beeinflußt, doch ist der Zusammenhang nicht so einfach, wie er im ersten Augenblicke erscheinen könnte. Versuche behufs Feststellung, wie tief das Licht in den See hineinzudringen vermag, wurden nicht angestellt, da im Plattensee das Licht unzweifelhaft überall bis an den Seegrund dringt. Die Farbe des Sees

---

1) Petermanns Mitteilungen 1906. p. 211.
2) Der Balatonsee 3. Teil 5. Sekt. 2.

schwankt nach der Forelschen Skala zwischen VI und XI. Die Dimensionen der immerfort wechselnden Bilder der Sonnen- und Mondscheiben, die unserm Auge in der Form von Lichtstreifen erscheinen und von den Umwohnern des Plattensees „Goldene Brücke" genannt werden, werden durch eine analytische Gleichung bestimmt, welche die numerische Berechnung der Länge der Brücke gestattet, wenn die Höhe der Sonne oder des Mondes bekannt ist, während die Bestimmung der Breite ein viel schwierigeres Problem ist. Neben einigen andern optischen Erscheinungen, die durch sehr gute Abbildungen deutlich gemacht sind, werden auch die von Forel fälschlich so genannten „taches d'huile" behandelt, d. h. die innerhalb bewegtern Wassers auftretenden größern oder kleinern Flecken glatten Wassers, die aber keine Ölflecke und auch nicht Planktonerscheinungen sind, sondern solche Stellen, wo die Geschwindigkeit der Luftströmung, 0.3 *m* per Sekunde, nicht erreicht ist.

Der Tsadsee. Oberleutnant Marquardsen, Mitglied der Yola-Tsadsee-Grenzexpedition 1903 bis 1904, gibt eine umfassende Darlegung unserer heutigen Kenntnis von den physikalischen Verhältnissen des Tsadsees,[1]) der wir folgendes entnehmen:

„Der Tsadsee ist ein Binnengewässer ohne äußerlich wahrnehmbaren Abfluß. Die Abgabe einer beträchtlichen Wassermenge in das Tal des Bahr el Ghazal als Grundwasser — also eine Art unterirdischer Abfluß unter der Sohle dieses Tales — ist sehr wahrscheinlich. Im übrigen beschränkt sich der Wasserverlust auf Einsickerung und Verdunstung. Sein Wasser erhält der See aus den Zuflüssen und durch die auf ihn fallende Regenmenge. Einer ungefähren Schätzung nach entfallen auf das Schari-Logonesystem allein zwei Drittel der gesamten Wasserlieferung. Dieses erreicht seinen höchsten Stand im Oktober. Der See steigt jedoch so lange weiter, als er ein Plus über seinen Wasserverlust erhält. Da nun die Zufuhr des Schari-Logone auch nach dem Oktober eine Zeitlang sehr reichlich ist, fällt auch der Hochwasserstand des Sees in eine spätere Zeit. Der Zeitpunkt schwankt erheblich, entsprechend der Wassermenge, welche Schari-Logone zu Tale führen. Mitte Dezember bis Ende Januar sind die ungefähren Zeitgrenzen für den Hochwasserstand des Sees. Die Niveauschwankungen zwischen höchstem und niedrigstem Stande machen 1 bis 2 *m* aus.

Das von Wasserpflanzen stark durchwachsene Randgebiet des Nord-, West- und Südufers erreicht selten eine größere Tiefe als 1 bis $1^1/_2$ *m* und liegt zur Niedrigwasserzeit großenteils trocken. Der von den Ufern weiter entfernte Teil des offenen Wassers ist durchschnittlich 3 bis 4 *m* tief. Französische Lotungen haben in dem westlichen Teile des offenen Wassers ein Maximum von 14 *m* ergeben.

[1]) Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten 1905, Heft 4.

Die zwischen den Inseln des Ostufers befindlichen Kanäle zeigen meist Tiefen von 2 bis 3 *m* und darüber. Die Lagunen des Bahr el Ghazalgebietes sind erheblich flacher.

Perioden großer Trockenheit oder großen Wasserreichtums müssen sich auf den flachen Ufern durch Ausbleiben des Wassers an den früher bedeckten Stellen oder durch Überschwemmungen geltend machen. Solche Verluste oder Überschüsse bedürfen naturgemäß einiger Jahre, um sich wieder auszugleichen. In erster Linie ist der Niederschlag der Gegenden, aus welchen Schari-Logone ihr Hauptwasser beziehen, maßgebend für den Stand des Sees und nicht die Niederschläge im Seegebiete selber.

Die Grenzen zwischen See und Festland sind selbst auf den flachen Ufern nicht so schwer festzustellen, wie vielfach angenommen wurde. An den mir bekannten Stellen des Westufers gibt ein wie eine Mauer aus der fast vegetationslosen Umgebung aufsteigender Gürtel von Papyrus, Schilf und Marria eine scharf zu bestimmende Grenze des gewöhnlich vom Hochwasser eingenommenen Gebietes an. Zur Zeit der Trockenheit stehen die Wasserpflanzen nicht mehr im zusammenhängenden Wasser, aber feuchter Grund und Pfützen zeigen an, daß man sich im Seegebiete befindet. Am schwierigsten sind die Abgrenzungen des Sees während der Regenzeit zu erkennen. Das niederfallende Regenwasser sammelt sich an zahllosen Stellen, und die teilweise von den Eingeborenen noch angestauten Flüsse treten aus. Scheinbar hat sich der See ungeheuer ausgedehnt; aber dieses Wasser hat mit dem See nichts zu tun, und die scheinbare Vergrößerung tritt zu einer Zeit ein, in der der See selber noch zurückgeht oder eben beginnt, einen Ausgleich für seinen bisherigen Wasserverlust zu finden. Nach Beendigung der Regenzeit lassen die Flußüberschwemmungen nach, die Wasseransammlungen laufen ab oder verdunsten, See und Festland heben sich wieder voneinander ab. Der See steigt nun weiter; in normalen Perioden setzt er den Pflanzengürtel unter Wasser, in Perioden großer Trockenheit erreicht er den äußern Rand desselben nicht, in solchen großer Niederschläge überschreitet er ihn. Im letztern Falle geben die Überschwemmungen den Ufern ein ähnliches Bild wie zur Regenzeit. Lang andauernde Trockenheit bewirkt, daß die am äußern Rande stehenden Pflanzen verkümmern und abbrechen. Knietief ist an solchen Stellen der Boden mit lose geschichteten und von einer Schlingpflanze übersponnenen Pflanzenresten bedeckt, in welche der Fußgänger mit jedem Schritte einbricht. Die Breite dieses niedergelegten Gürtels gibt einen Anhalt für den Wasserverlust einer trockenen Periode.[1]) Die

[1]) Der Gürtel ist natürlich sehr ungleich, da schon ein geringes Steigen des Sees das Wasser in den zahlreichen, kaum wahrnehmbaren Landsenkungen hinauftreibt. Abgesehen von solchen Stellen, war 1904 bei Ulugo der Pflanzengürtel etwa 100 bis 200 *m* breit abgestorben — das Ergebnis der augenblicklichen Periode an diesem Orte.

Breite des Pflanzengürtels ist je nach der Tiefe des Wassers verschieden; die ganze südliche Ausbuchtung des Sees scheint stark durchwachsen zu sein (10 bis 20 *km*), während das Westufer nördlich des Komadugo von Yo bessere Uferverhältnisse zeigt. Das Nordufer ähnelt dagegen wieder mehr dem Südufer. Die Verwachsung ist keine durchgehende, sondern es finden sich in diesem Gebiete große Lachen freien Wassers, welche durch enge Kanäle miteinander verbunden sind.

Ganz anders beschaffen sind die Ufer an der Kanemseite. Die einige Meter hohen Sandrücken geben dem See einen bessern Abschluß. Charakteristisch sind hier die weit in das Land eingreifenden Lagunen. Diese erklären sich daraus, daß die Sandrücken Dünengebilde sind, deren Talsohlen etwa auf dem Niveau des Sees liegen, also zur Hochwasserzeit überschwemmt werden können. Der Pflanzenwuchs dieser Lagunen ähnelt dem der vorher geschilderten flachen Ufer. Der Bahr el Ghazal, der sonst als eine Lagune vergrößerten Maßstabes geschildert wird, zeigt dagegen die tropische Baumvegetation gewisser Flußufer. Die Wasserfläche bedeckt zur normalen Hochwasserzeit ungefähr 21 000 *qkm*. Das Gesamtareal verteilt sich auf Inseln, etwa 1000 *qkm*, offenes Wasser 15 000 *qkm*, durchwachsenes Wasser 5000 *qkm*.

Die Versalzung des abflußlosen Sees ist auffallend gering. Zur Hochwasserzeit ist das ganze zusammenhängende Wasser völlig süß. Bei niedrigem Stande macht sich an den abgelegenen Stellen (z. B. zwischen den Inseln) Natrongeschmack bemerkbar, und gegen Ende der Trockenheit soll auch das zusammenhängende Wasser stellenweise diese Eigenschaft besitzen. Die Geringfügigkeit der Versalzung wäre hinreichend erklärt, wenn vor nicht zu langer Zeit der See in dem Bahr el Ghazal einen Abfluß gehabt hat. In diesem Falle würde eine größere Versalzung noch eintreten können. Dies meint auch wohl Nachtigal, wenn er die süße Beschaffenheit des Wassers damit erklärt, „daß die Wasserverhältnisse des Tschad noch keinen einigermaßen ständigen Charakter angenommen haben.“ Eine gleichbleibende Versalzung wird der See natürlich nie aufweisen, da ihm die Flüsse plötzlich und zu bestimmten Zeiten ungeheure Massen süßen Wassers zuführen.

Mehrfach ist die Ansicht ausgesprochen, daß der See — nach dem Vorgange anderer Wüstenseen — in der Richtung des vorherrschenden Windes von Osten nach Westen wandere. Es ist wohl möglich, daß das Ostufer durch hineingetragenen Sand allmählich in den See hineinwächst, aber eine entsprechende Verlegung des Westufers ist nicht festzustellen.“

Der Ngamisee. Nach dem Berichte des Distriktschefs von Gobabis in Deutsch-Südwestafrika war der See vor zwei Jahrzehnten eine weitausgedehnte Wasserfläche mit Ausnahme des östlichen Teiles,

ist aber jetzt nur mehr Schilfmasse und Morast; augenscheinlich deshalb, weil der Okawango, der früher in lebhafter Strömung in den See direkt sich ergoß, jetzt in einer Entfernung von 15 *km* davon im Sande bereits versickert ist. Nur der Botletle im Westen „soll" zur Regenzeit mit einem Teile seiner Fluten den Ngamisee versorgen, während der andere Teil in entgegengesetzter Richtung zur Makarikari-Salzpfanne abfließt. Den See umgibt die Betschuanen-Reservation des Häuptlings Sechome; sie hat einen Flächeninhalt von 100 000 *qkm* und grenzt im Westen und Norden an das deutsche Schutzgebiet, reicht im Osten nahebis 24° 30′ östl. Länge und im Süden bis 21° südl. Breite. Politisch gehört sie zum englischen Betschuanaland-Protektorate; Hauptort ist Tsau mit 5000 Einwohnern. Die Ländereien der Reservation, die an den befruchtenden Gewässern des Okawango, Tamlakan und Betletle liegen, sind reich an Palmwäldern, Reis-, Mais- und Kornfeldern. Auch Viehherden gibt es in Menge. Der Häuptling Sechome ist unbeschränkter, doch zugleich auch ein kluger und umsichtiger Herrscher. Er gestattet den Weißen nur nach eingeholter und bezahlter Lizenz, Handel zu treiben und der Jagd obzuliegen. Gegen die Einschleppung von Viehseuchen, sei es aus Rhodesia, Transvaal oder dem deutschen Schutzgebiete, hat er sein Land vollkommen zu schützen verstanden. Der Verkauf einer geringen und fest normierten Menge von Patronen an die Eingeborenen wird streng kontrolliert. Der Betschuane fügt sich willig in die strenge staatliche Ordnung und zahlt anstandslos die hohe Hüttensteuer von 10 ℳ jährlich.[1])

Das Alter der Hochmoorbildungen behandelte W. Wolf in der Deutschen Geologischen Gesellschaft.[2])

„Nachdem," sagt er, „in den letzten Jahren die norddeutschen Moore nicht vom botanisch-kulturellen Standpunkte allein, sondern auch von der geologischen Seite eifriger durchforscht sind, ist eine Reihe interessanter Probleme aufgetreten, unter denen die Frage nach dem relativen und absoluten Alter der einzelnen Hochmoorbildungen eines der anziehendsten ist. Von den zahllosen kleinen Mooren in den Kesseln der Moränenlandschaft wissen wir, daß sie sich schon bald nach dem Rückzuge des nordischen Inlandeises zu bilden begannen. Zunächst entstanden allerdings noch keine Torfe, sondern tonige Absätze mit arktischen Pflanzenresten, sodann meistens Faulschlamm- und Kalkablagerungen, deren Fauna und Flora noch wenig untersucht ist, und erst darauf Torfe, in manchen Fällen späterhin Hochmoortorfe.

Ob die ungeheuern Hochmoore des Ems- und Wesergebietes, welche großenteils auf weiten Tal- und Beckensandablagerungen ruhen, schon in der frühesten Postglazialzeit aufzuwachsen begannen, ist noch ungeklärt. Arktische Pflanzenreste sind in ihren untersten Schichten meines Wissens bisher nicht gefunden. Ihre ersten Anfänge, meist bestehend in Flachmooren oder in Übergangsmooren mit einer Föhren- und Birkenvegetation, waren von geringer Ausdehnung im Vergleiche zu den Flächen, welche die spätern Torfbildungen

[1]) Globus 1906. p. 18.
[2]) Monatsberichte der Deutschen Geolog. Gesellschaft 1905. Nr. 2.

überwucherten. Man darf vielleicht annehmen, daß in der frühern Postglazialzeit die Bedingungen für die Entstehung von ausgedehnten Mooren (nicht so sehr von Hochmooren als besonders auch von Flachmooren) auf diesem Gelände weniger günstig waren als in der spätern Zeit. Wir werden zu dieser Annahme durch die Erkenntnis genötigt, daß in jener frühen Zeit das norddeutsche Flachland ein höheres Niveau hatte als gegenwärtig, und daß somit die Grundwasserverhältnisse, welche die Entwicklung gerade der Flachmoore sehr wesentlich regulieren, in weiten Teilen des Landes ganz andere waren als heute. Die weite Verbreitung unterseeischer Torfe an der deutschen (und holländisch-belgischen) Nordseeküste, die Abrasionserscheinungen auf Helgoland und namentlich die tiefe Lage der Basis des Flußalluviums im Mündungsgebiete der Eider, Elbe, Weser und Ems, lassen sich ohne Annahme einer späten Küstensenkung nicht gut erklären. Von der Ostseeküste Ost- und Westpreußens, Pommerns, Mecklenburgs und Holsteins ist durch Berendt, Jentzsch, den Vortragenden, Klose, Geinitz, Friedrich, Weber u. a. eine beträchtliche Senkung (zur Litorinazeit) nachgewiesen. Bei Kiel und Lübeck betrug diese mindestens 20 *m*, vielleicht gar 40 *m*. Von dort bis zur Nordseeküste ist nur eine so geringe Entfernung, daß man nicht annehmen darf, daß diese weitverbreitete Senkung nicht hinübergereicht haben sollte. F. Schucht ist in seiner Arbeit über die Geologie der Wesermarschen zu dem Ergebnisse gekommen, daß die Senkung der Nordseeküste dort ca. 20 *m* betragen haben müsse — das ist fast genau der Minimalbetrag der südbaltischen Litorinasenkung. Aus seiner Bohrung zu Tönning an der Eider habe ich Proben einer Torfschicht aus — 22 *m* kennen gelernt, an denen J. Stoller nur Landpflanzenreste wahrnahm; es scheint sich um einen außerhalb des Meeresbereiches zusammengeschwemmten Torf zu handeln, unter welchem anscheinend alluviale Sande noch bis — 46 *m* liegen. Ganz besonders auffällig ist die Erscheinung, daß das untere Alluvium der Elb- und Weserniederungen fast ausschließlich aus Sand- und Kiesschichten besteht, die z. B. bei Bremen, rund 50 *km* von der Küste entfernt, noch bis ca. 10 bis 12 *m* unter NN (Normal Null) hinabreichen. Erst im obern Alluvium treten Schlickschichten (bei Hamburg anfangs mit mariner Fauna), sowie humose Bildungen auf. Das untere Alluvium dieser Gebiete ist offenbar von rascher fließenden Gewässern zur Zeit einer weit höhern Lage des Landes abgesetzt. Später aber führte eine starke Senkung das Meer landeinwärts, verlangsamte die Strömung der Elbe und Weser und brachte ihren Unterlauf in den Bereich der Flutwelle, welche durch regelmäßigen Wasserstau den Absatz der feinen Schlicktrübe ermöglichte.

Damals mag die Entwässerung des ganzen Flachlandes und die Lage des Grundwasserspiegels bedeutsame Veränderungen erlitten haben, infolge deren die Moorbildung ein rascheres Tempo annehmen konnte.

Man wird also schon bei dieser mehr theoretischen Betrachtung nicht geneigt sein, den nordwestdeutschen Hochmooren ein sonderlich hohes Alter zuzuschreiben, mit Ausnahme der in den allertiefsten Senken ihres Untergrundes gelegenen, sehr beschränkten Flachmoorschichten. Wir können aber von einem sehr mächtigen, räumlich sogar am weitesten ausgedehnten Bestandteile dieser Moore, dem „jüngern Moostorfe", nachweisen, daß er eine überraschend junge Bildung ist. Die Beweisführung stützt sich auf archäologische Funde. Aus den allerdings von naturwissenschaftlichen Laien gelieferten Beschreibungen der römischen Bohlwege im Diepholz-Lohner Moore geht hervor, daß diese Bauten mit einer Ausnahme jetzt etwa $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ *m* unter der Oberfläche an der Basis des jüngern Moostorfes, teils anscheinend im „Grenztorfe" (Weber), teils im obern Teile des ältern Moostorfes liegen. Der dortige jüngere Moostorf würde somit erst etwa 1800 Jahre alt sein. Verfasser hat nun im Wittmoore bei Hamburg, von dem bereits durch Frahm ein im jüngern Moostorfe gelegener Bohlweg bekannt gegeben ist, einen neuen Bohlweg aufgefunden, der ebenfalls an der Basis des jüngern Moostorfes liegt. Dieser Bau, außerhalb des ehemaligen römischen Machtbereiches gelegen, ist germanischen Ursprunges,

aber mangels archäologischer Funde nicht datierbar. Unter der Voraussetzung, daß die Webersche Grenztorftheorie richtig ist, würde man ihn nach seiner Lage im Moorprofile ohne weiteres mit den Diepholzer Römerbrücken parallelisieren und in den Beginn der christlichen Zeitrechnung stellen dürfen."

Gletscher und Glazialphysik.

Der Suldenferner. Eine Konferenz ostalpiner Gletscherforscher, die auf Anregung Prof. Finsterwalders am 9. August im Suldenhotel tagte, hat sich dort u. a. auch mit dem Suldenferner beschäftigt und denselben begangen. Aus den Wahrnehmungen und Erörterungen, die bei dieser Gelegenheit stattfanden, hebt S i e g e r folgendes hervor:[1])

Der Suldenferner zerfällt in fünf Zuflüsse; die beiden seitlichen, der für die Schwankungen meist maßgebende Ortlerzufluß und der „Suldenzufluß" vom Eisseepasse und der Suldenspitze her, sind von dem übrigen Gletscher durch „Inseln" anstehenden Gesteines getrennt. Beide sind durch gewaltige Ufermoränen, jene bei der Schaubachhütte und jene nahe der Baeckmannhütte, gekennzeichnet, die so das eigentliche Sammelbecken begrenzen. Dagegen hat der große Vorstoß von 1818 sehr wenig Moränenmaterial vor der Zunge und insbesondere keine Stirnmoräne zurückgelassen. Die größte Menge der abgelagerten Moränen ist oberhalb der Legerwand abgesetzt. Die bewegte Moräne bleibt fast allenthalben in ziemlichem Abstande von diesen ältern Ablagerungen. Nur nahe dem hintern Grate überschreitet der frische Grundmoränenschutt, der ausapert, gelegentlich ihre Höhe. Die Gletscherzunge ist fast in ihrer ganzen Ausdehnung mit Schutt bedeckt. Die zwischen den einzelnen Gletscherzuflüssen austretenden Innenmoränen bilden Wülste der Gletscheroberfläche, die Zuflüsse selbst erscheinen dazwischen als Einsenkungen. Vom Fuße der beiden „Inseln" gehen zwei besonders deutliche Innenmoränen aus, an welchen das Grundmoränenmaterial reichlich austritt; die Innenmoräne zwischen dem Zuflusse von der Kreilspitze und jenem von der Königswand ist durch ein Spaltensystem sehr gut aufgeschlossen. Auch sonst wurden Innenmoränen vielfach schön beobachtet; das Ausschmelzen hochkant gestellter Gesteinsplatten an der „Naht" zeigte besonders schön der Langenferner. Neben dieser Innenmoräne, welche aus den Untermoränen der sich vereinigenden Gletscherzuflüsse hervorgeht und Mittelmoränen bildet, erscheint vielfach eine andere Art. Sie geht aus dem Schutte hervor, der von der Umrahmung auf das Firnfeld fällt, zum großen Teile aus Lawinenschutt, gelegentlich auch aus den herabstürzenden Untermoränen der steilen Zuflußgletscher. Trümmerschichten legen sich zwischen die Firnschichten, werden mit diesen

[1]) Mitt. d. Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1906. Nr. 18.

deformiert und schmelzen aus, wo diese zum Abschmelzen kommen. Ihr Auftreten am Ausgehenden der Bänderung machte Crammer als Argument für seine Auffassung geltend, daß die Bänder- oder Blätterstruktur nur die deformierte Schichtung sei. In der Tat wurde vieles für diese Ansicht Sprechende beobachtet. An der linken Flanke des Ortlerzuflusses laufen die Blattflächen parallel dem senkrechten Gehänge, dagegen zeigten die Blätter der Untermoräne an dem Zuflusse von der Payerscharte, die im allgemeinen dem Felsgrunde parallel liegen, an den unregelmäßig geformten Stellen des Untergrundes deutliche Faltungen, Stauchungen und Faltenüberkippungen, wie dies Crammers Anschauung verlangt. Auch der Zusammenhang zwischen dem Austreten dieser Art Moräne und den „Reidschen Kämmen" und die Modifikation ihrer Ablagerung durch die Spaltensysteme wurde beobachtet. Am Ebenwandferner wurde eine Moränenform beobachtet, die einem Gletscher entspricht, dessen Abschmelzen rascher ist als seine Bewegung: das alte Gletscherbett ist ausgekleidet mit einer Moränendecke, in der die einzelnen Gesteinsstücke auf ihrer Breitseite liegen; am Gletscherrande selbst, der in letzter Zeit stationär geworden ist, findet man jedoch das Heraustreten der Untermoräne in Form von hochkant gestellten Platten, auch die Trümmer der Obermoräne sind aufgerichtet und in Reihen parallel zum Gletscherrande angeordnet.

Zeitliche Änderungen in der Geschwindigkeit der Gletscherbewegungen. Über die von 1899 bis 1904 an 18 Punkten der Hintereisfernerzunge angestellten Geschwindigkeitsmessungen gemäß den Untersuchungen von A. Blümcke und S. Finsterwalder wurde im vorigen Bande des Jahrbuches berichtet.[1]) Die Genannten fanden als endgültige Ergebnisse folgendes:[2])

Es findet ein unerwartet starker Wechsel der Geschwindigkeit in längern wie in kürzern Zeiträumen statt. Die Verschärfung der Beobachtungsmittel ließ keinen stetigern Verlauf der Gletscherbewegung erkennen; vielmehr erscheint diese aus einzelnen Rucken mit vermehrter Geschwindigkeit und darauf folgenden Pausen geringerer Geschwindigkeit zusammengesetzt.

Schwankungen von längerer Dauer, die ein Vorrücken des Gletscherendes zur Folge hatten, sind in der Beobachtungszeit nicht eingetreten, wohl aber solche, die sich in Oberflächenschwankungen schwach widerspiegeln. Die nähere Untersuchung zeigt, daß diese Druckwellen eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzen, welche 20- bis 150 mal größer als die Bewegung des Eises ist.

Bezüglich der jahreszeitlichen Schwankungen ergibt sich, daß nur im untersten Drittel der Gletscherzunge die Sommerbewegung

[1]) Dieses Jahrbuch XVI. p. 284.

[2]) Abhdl. d. Kgl. Bayr. Akad. der Wissensch. Mathem.-phys. Klasse. Bd. 35.

überwiegt; weiter hinauf aber bis in die Nähe der Firnlinie ist die Winterbewegung größer. Das Verhältnis beider Bewegungen nimmt vom Zungenende gegen das Firnfeld hin regelmäßig ab.

Das Winterwasser der Gletscherbäche. Auf Grund der vom eidgenössischen hydrometrischen Bureau ausgeführten Messungen der Minimalwassermengen schweizerischer Gletscherbäche hat Prof. Dr. H. Heß Untersuchungen angestellt.[1]) Er kommt zu dem Ergebnisse, daß diese Messungen sehr wohl mit der Annahme vereinbar sind, daß die Verschiedenheiten in der winterlichen Wasserführung der Gletscherbäche nur von den Verschiedenheiten in den untern, dem Bache zunächst gelegenen Teilen der Einzugsgebiete herrühren, und daß von den Gletschern selbst kein wesentlich größerer Betrag an Wasser geliefert wird, als der ist, welchen die aus dem Erdinnern stammende Wärme auf der Gletschersohle erzeugt. „Will man," sagt Prof. Heß, „diese Annahme nicht machen, so sind Quellen, die unter dem Gletscher aus dem Felsen treten können und die Verflüssigung von Eis, welche durch die Gletscherbewegung stattfindet, als Ursachen der verschiedenen Wasserlieferung zu betrachten. Damit tritt man aber einerseits aus dem Bereiche der bisherigen Erfahrung heraus, anderseits kommt man zu Resultaten, welche mit den Ergebnissen der schweizer Messungen im Widerspruche stehen. Was insbesondere die Frage anlangt, ob durch die Gletscherbewegung ein Teil des Eisstromes verflüssigt wird, so kann nicht von vornherein geleugnet werden, daß die Möglichkeit eines derartigen Vorganges besteht — wenigstens für gewisse Teile der Gletscherzunge. R. v. Lendenfeld hat in einem Aufsatze: „Über die Abschmelzung der Gletscher im Winter"[2]) berechnet, daß die Bewegungsenergie einer zur Gletscherachse senkrechten Platte des Hintereisferners, welche 1 *m* Dicke und 110 000 *qm* Querschnitt besitzt, für das Jahr 12·10.8 *mkg* ausmacht. Sie wird zunächst zur Formänderung der Platte bei Überwindung der innern und äußern Reibung verwendet, um schließlich in Wärme umgewandelt zu werden. Die äquivalente Wärmemenge würde ausreichen, wie v. Lendenfeld ebenfalls angibt, um an der Sohle der zu 800 *m* Breite angenommenen Platte 50 *mm* Eis wegzuschmelzen, das ist der siebenfache Betrag von dem, was die Erdwärme leisten kann (oder der 20 fache davon, wenn man mit v. Lendenfeld die mittlere Wärmeleitungsfähigkeit des Gesteines zu 0.002 ansetzt, anstatt zu 0.006, wie von Dr. Heß). Ein Bruchteil der durch die innere Reibung produzierten Wärme wird zur Temperaturerhöhung der Eismasse verwendet, welche bei ihrer Abwärtsbewegung unter geringern Druck, also auf höhere Schmelztemperatur kommt. Für weiter abwärts gelegene Profile

[1]) Petermanns Mitteilungen 1906. p. 59.
[2]) Globus 1904. p. 377ff.

der Gletscherzunge würde wegen der größern Abschmelzung an der Oberfläche der zu innerer Schmelzung verfügbare Wärmeanteil kleiner werden. Für höher gelegene Profile würde er wachsen — wenn auch hier gilt, was für die tiefern Teile der Zunge erwiesen ist, nämlich daß die Eismasse durchweg die dem Drucke entsprechende Schmelztemperatur hat. Je näher man aber an den Firn rückt, um so weniger wird diese Bedingung erfüllt sein. Denn die Eismassen, welche von der Firnoberfläche aus tiefer sinken, treten höchstwahrscheinlich mit der mittlern Lufttemperatur ihres ursprünglichen Lagerplatzes in die Gletschermasse ein. Erst im Laufe der Abwärtsbewegung erhalten sie aus dem Vorrate an Bewegungsenergie so viel Wärme, daß allmählich die Schmelztemperatur erreicht wird. An welcher Stelle des Gletschers dies eintritt, ist nicht bekannt. Das Firngebiet stellt also ein Kältereservoir dar, gegen das hin ein beständiger Wärmestrom von der Zunge aus besteht. — Würde man nun voraussetzen, daß in einem gewissen Teile der Gletscherzunge 50 *mm* Eis für das Jahr durch innere Schmelzung verflüssigt werden, und das Wasser dem Gletscherbache zuströmt, so könnte meines Erachtens der dadurch im Winter gelieferte Betrag der sekundlichen Wassermenge höchstens so groß angesetzt werden, daß der angenommene Höchstbetrag von 0.5 Sekundenliter für den Quadratkilometer erreicht würde. Das wäre doppelt soviel, als die Erdwärme produziert, könnte also höchstens aus dem 3.5 ten Teile der von der Erdwärme beeinflußten Gebiete stammen (bei gleichmäßiger Verteilung); denn nach vorhergehender Berechnung würde die innere Schmelzung das siebenfache Wasserquantum wie die Erdwärme liefern. Ob das aber wirklich zutrifft, erscheint, da man von der Wärmeleitung im Eise nicht notwendig abzusehen braucht, sehr fraglich und kann meines Erachtens zurzeit nicht entschieden werden. Würde man den Betrag von 0.5 Sekundenliter für den Quadratkilometer als aus den Gletschern kommend annehmen, so würden sich die Verhältnisse bezüglich des Aletsch- und Riedgletschers im Vergleiche zu den andern durchaus nicht günstiger gestalten. Die Unterschiede im Anteile der Wasserführung aus den eisfreien Geländen würden noch stärker sein, als sie sich bei der Annahme von 0.25 Sekundenliter für den Quadratkilometer herausstellen. Wäre die „innere Schmelzung“ wirklich von besonderer Bedeutung, so könnte wohl kaum erwartet werden, daß die stärkst vergletscherten Gebiete die geringsten Winterwasser haben.“

Die glazialen Stauseen des Steinetales und des Neißetales hat E. G. Friedrich untersucht.[1]) Seine ausführlichen Darlegungen faßt er zu folgenden Ergebnissen zusammen:

[1]) Ztschr. d. Ges. f. Erdkde. in Berlin 1906. Nr. 1. p. 10.

1. Die untern hellen, aus Quadersandstein bestehenden Kiese und Sande der Schotterterrassen im Steinetale sind als Sedimente eines glazialen Stausees aufzufassen.

2. Den obern Abschnitt des Patschkauer Beckens zwischen Wartha und Camenz hat ein postglazialer Stausee eingenommen. Die Terrassen zwischen beiden Orten sind demnach als Seeterrassen zu bezeichnen.

3. Die Stauseen des Neißetales sind ebenso wie die gleichen Bildungen am Rande der deutschen Mittelgebirge durch tektonische Senkungen vorgezeichnet und beruhen vorwiegend auf der Ausräumung reicher tertiärer Ablagerungen durch die Eismassen. Stauerscheinungen treten dann während des Höhepunktes der Vereisung oder beim Rückzuge des Eises auf.

4. Auf ganz abweichenden Vorbedingungen beruhen die glazialen Stauseen im Bereiche der skandinavischen Wasserscheide, sowie in dem Hauptgebiete der Vereisung Nordamerikas und Norddeutschlands.

5. Am ähnlichsten dem Camenzer Stausee sind die ostpreußischen Stauseen, welche jedoch auch ihre Entstehung der Ansammlung der Schmelzwasser zwischen dem Rande des zurückweichenden Eises und den Endmoränen verdanken.

6. Die Entstehungsursache der zentraljämtischen Eisseen ist durch die verschiedene Lage des jeweiligen Randes der Eisscheide gegen die orographische Wasserscheide bedingt, welche der politischen Grenze zwischen Schweden und Norwegen entspricht.

Die Gestalten der Eisberge im arktischen und antarktischen Meere. E. v. Drygalski, der durch seine Forschungsreisen im nördlichen wie im südlichen Eismeere mit den Erscheinungsformen der Eisbildungen der Polargebiete ganz besonders vertraut ist, hat sich in einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Berlin näher über diesen Gegenstand verbreitet.[1]) Unterscheidet man zwischen Landeis und Meereis, so tritt ersteres in den Polargebieten heute so in die Erscheinung, wie es in der geologischen Vergangenheit auch die Erdräume der gemäßigten Zonen in großer Ausdehnung überzogen hat. Es bedeckt die weiten Flächen der Polargebiete, strömt auf ihnen in langsamer Bewegung zum Meere, bricht, wo dieses tiefer wird, ab und bildet dann die Eisberge, welche als schwimmendes Landeis weithin verteilt werden.

Über das Strömen des Inlandeises hat die Deutsche Südpolarexpedition im Südpolargebiete ähnliche Messungen angestellt, wie sie aus dem Nordpolargebiete, z. B. aus Grönland, schon vorlagen.

Dabei haben sich manche Unterschiede ergeben, die wesentlich auf den Formen beruhen, mit denen Inlandeis im Meere endigt.

[1]) Berichte der Deutsch. Phys. Ges. in Berlin 1906. Heft 9. p. 162.

„In Grönland," betont v. Drygalski, „liegt es über einem von Tälern angeschnittenen Plateau und strömt durch diese Täler ins Meer; im Südpolargebiete schiebt es sich dagegen auf weiten Flächen gleichmäßig ins Meer hinaus, ohne vorherige Einzwängung in verhältnismäßig enge Talformen. Hierdurch entstehen Geschwindigkeitsdifferenzen in den beiden Gebieten; im Südpolargebiete herrschen dort, wo das Inlandeis im Meere endigt, Geschwindigkeiten bis zu 50 *m* in 5 Monaten, also 10 *m* in einem Monate und etwa $^1/_3$ *m* pro Tag, in Grönland dagegen bis zu 18 *m* pro Tag, wobei freilich auch Unterschiede der Mächtigkeit des Eises in Betracht kommen.

Man hat das Strömen der Gletscher vielfach mit dem Strömen eines Flusses verglichen und angenommen, daß die obern Eisschichten über die untern hinweggleiten, aber Drygalski hat schon 1897 hervorgehoben, daß das Umgekehrte der Fall ist, und daß die untern Lagen unter den obern hinwegströmen, wobei die obern von den untern mehr oder weniger passiv mitgenommen werden.

Diese Tatsache ist von ihm so sicher nachgewiesen worden, daß kein Zweifel darüber bestehen kann, und gerade auf der Verschiedenheit der Strömungsintensität beruhen im wesentlichen die verschiedenen Formen derjenigen Teile des Inlandeises, welche sich aus dem Zusammenhange mit ihm gelöst haben, also der Eisberge. „In der Antarktis," sagt Drygalski, „wo auf weite Strecken hin gleichmäßige Bodenformen und daher auch gleichmäßige Geschwindigkeiten herrschen, brechen die Eisberge in mächtigen kastenförmigen Gestalten aus dem Zusammenhange mit dem Inlandeise los. Die Tafelform ist die typische Form des antarktischen Eisberges. Im Nordpolargebiete, wo lebhaftere Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsunterschiede herrschen, treffen wir eine stärkere Zerklüftung des strömenden Eises und infolge davon eine größere Unregelmäßigkeit der davon losbrechenden Eisbergformen. Weil es im Süden viel mehr Land gibt, ist die Zahl der Eisberge im Süden größer als im Norden. Aus den Ergebnissen der letzten Südpolarexpeditionen ist mit Sicherheit zu schließen, daß der Südpol von ausgedehnten Landmassen umgeben wird, die alle mit Inlandeismassen überdeckt sind, während das Nordpolargebiet wesentlich ein Meeresraum ist, der nur Inseln umfaßt, unter denen Grönland die größte ist.

Aus den tafelförmigen Eisbergen des Südpolargebietes gehen durch äußere Agenzien verschiedene Umgestaltungen hervor, von denen Drygalski drei nennt. Zunächst die, welche durch das Wälzen oder Kentern der Eisberge entstehen. „Die Tafeln können sich vermöge ihrer regelmäßigen Form lange Zeit in ihrer ursprünglichen Form schwimmend erhalten. Mit der Zeit aber wird ihre Zertrümmerung eingeleitet, namentlich, wenn sie ins offene Meer hinaustreiben, wo die Brandung Kehlen in sie hineingräbt. Bricht dann auf einer Seite ein Stück los, sinkt die entgegengesetzte Seite nieder, und so fort, bis die ganze Eisbergtafel gekentert ist. Immerhin

bleibt aber die Tafelform lange erhalten; neben der aufrecht schwimmenden Tafel findet man sehr häufig die um 90° gedrehten Tafeln und dann bei weiterer Zerstörung kompliziertere Formen. Das Kentern und Wälzen der Eisberge ist im Nordpolargebiete viel häufiger als im Süden, weil die Eisbergformen schon beim Losbrechen unregelmäßiger und auch innerlich weniger homogen sind. Im südlichen Eismeere sieht man kenternde Eisberge verhältnismäßig selten, in der Arktis dagegen fast unablässig, so daß hier verschiedenartigere Formen entstehen."

Besonders charakteristisch ist für das antarktische Gebiet die Umwandlung der Eistafeln in die Form des Blaueises. Diese entsteht da, wo die Eistafeln nicht ins offene Meer hinaustreiben können und lange vor der Küste liegen bleiben. „Sie werden dann durch die heftigen föhnartigen Winde, welche von den Hochflächen des Inlandeises zur Küste herabstürzen, geglättet und durch den treibenden Schnee wie poliert, so daß aus der kantigen Tafel allmählich eine runde Form entsteht, die aber auch eine horizontale Schichtung besitzt, wie die aufrecht schwimmende Tafel, so daß man erkennt, wie sie aus dieser hervorgeht. Dieser Typus des Blaueises begleitet die Südpolarküsten auf weite Strecken hin und entsteht, wo Untiefen die Küsten begleiten, welche das Hinaustreiben der Eisbergtafeln hindern.

Unter dem Einflusse starken Frostes durch Zerbrechen der Eisberge und durch Niederstürzen von Eislawinen, die sich am Fuße der Berge ansammeln, wenn diese in festen Feldern eingeschlossen liegen, entsteht eine dritte Art der Umwandlung zu neuen Eisbergformen. Zwischen die Blöcke dieser Halden wird dann Schnee geweht, gelegentlich auch wohl etwas Wasser, wodurch ein zusammengeschweißtes Haufwerk von Blöcken, eine Eisbreccie, entsteht, die unter Umständen ganze Berge bilden kann, wenn auch naturgemäß nicht so große, wie es die ursprünglichen Tafelformen sind."

Früher glaubte man, daß die Berge des südlichen Eismeeres durch Häufung von Schnee auf Meereisschollen entstehen könnten, allein dies ist nach Drygalski völlig irrig. Der Schnee wird über die Berge hinweggetrieben, und die Eistafeln wachsen nicht mehr in der Höhe, nachdem sie vom Inlandeise abgetrennt sind.

Das Meereis der Polargebiete ist am Salzgehalte meistens nicht mehr zu erkennen, da die salzigen Bestandteile und andere Beimengungen beim Frieren ausgeschieden werden. Sie bleiben zunächst mechanisch im Eise eingeschlossen, werden aber allmählich ausgelaugt, und auf solche Art verlieren die aus Meerwasser entstandenen Schollen allmählich ihren Salzgehalt völlig. Charakteristischer ist nach Drygalski für gefrorenes Meerwasser seine plattige Struktur, die durch den Zusammenschluß kleiner Kristallplättchen, meist in steilen Stellungen zur Gefrierfläche, also zur Wasseroberfläche, zustande kommt, so daß eine junge Meereisdecke sich dann aus solchen

Plättchengruppen zusammensetzt, indessen werde man in ältern Meereisschollen diese Struktur meistens vergeblich suchen, weil nur die erste Anlage der Schollen durch Gefrieren von Meerwasser entstehe, das weitere Wachstum aber durch den Schnee, der auf die Meereisdecke fällt, sie tiefer und tiefer hinabdrücke, auf diese Weise werde sie unten von Wasser durchdrungen und, während das ursprünglich gefrorene Meereis unten sich dabei fortlöst, vereist, so daß schließlich die ganze Scholle aus diesem Schneeeise besteht. So erhalte das Scholleneis dann keine andere Struktur als das Inlandeis, welches ja auch wesentlich aus Schnee entstanden ist, die Gletscher. So bleibe als Charakteristikum für die Meereisschollen wesentlich die Flächenform übrig, die sich im Südpolargebiete auch lange erhalten könne.

Schließlich behandelt Prof. Drygalski die Frage, wie weit es möglich ist, daß ein flaches Meer, das sich auf einem kontinentalen Sockel oberhalb des Abfalles zur Tiefsee befindet, völlig ausfrieren könne. Ein solches Flachmeer (Schelfmeer) umgibt tatsächlich den antarktischen Kontinent südlich vom Indischen Ozeane und wird gegen den Pol hin durch 30 bis 40 *m* hohe Steilränder des antarktischen Inlandeises begrenzt. Dieses bildet darum mächtige Eisberge, die aber zum Teile nicht forttreiben, weil sie auf Bänken des Schelfmeeres festkommen und dort lange liegen bleiben, wodurch dann auch die umgebenden Scholleneisfelder lange Zeit in derselben Lage gehalten werden. Hier wären anscheinend die Bedingungen für eine gänzliche Vereisung eines Meeres gegeben, denn das Wachstum des Meereises könne auf zweierlei Weise erfolgen, durch Weitergefrieren und durch Auflagerung von Schnee. Beide Arten haben aber, wie Drygalski betont, bestimmte Grenzen, indem gerade dort, wo die lange festliegenden Meereisfelder sind, die Schneeauflagerung beschränkt ist, weil heftige föhnartige Winde in der nähern Umgebung der Küste ihr entgegenwirken.

Ebenso sei aber auch das Wachstum nach unten durch Weitergefrieren begrenzt, wie man an anderer Stelle schon daraus ersehen könne, daß durch Schneeauflagerung oben wachsende Schollen unten verlieren. Ferner hätten direkte Schmelzversuche mit abgewogenen Eiswürfeln ergeben, daß in dem gleichmäßig auf den Gefrierpunkt des dortigen Meerwassers (— 1.85°) abgekühlten Schelfmeere (von etwa 400 *m* Tiefe) der Schmelzprozeß in der Nähe der Oberfläche fast gleich Null war, nach der Tiefe zu aber schnell zunahm. Bei der gleichmäßigen Temperatur der verschiedenen Tiefen dürfte dieses mit der Erniedrigung des Schmelzpunktes durch den Druck des Wassers zusammenhängen. Kompliziert werde der Vorgang allerdings dadurch, daß auch das Eis selbst zusammengedrückt wird, und daß dadurch wieder eine Verlangsamung der Auflösung in der Tiefe statthat.

Die Auseisung eines flachen Meeres durch Wachstum des Meereises von oben oder unten werde also nicht eintreten, aber es sei

eine Auseisung bis zu gewissem Grade durch Bergeisstauungen möglich, wenn sich die abgebrochenen Enden des Inlandeises an Untiefen packen.

Die Mächtigkeit der Eisbedeckung in der Glazialzeit wird von den europäischen Geologen bis zu 5000 Fuß angenommen. Diese Schätzungen sind nach E. H. L. Schwarz[1]) erheblich zu groß. Klautzsch stimmt ihm hierin bei.[2]) Er weist auf die Beobachtungen an der heutigen Inlandeisdecke Grönlands durch Nansen und v. Drygalski wie im Südpolargebiete durch Scott hin, wonach durchschnittlich das beobachtete Maximum der Eisdicke bis zu 1600 Fuß reicht. „Auch die Temperaturmessungen v. Drygalskis am großen Karajakgletscher ergeben, daß die Temperatur von Graden unter 0° an der Oberfläche nach der Tiefe zu allmählich ansteigt. Unter dem Drucke einer Eismasse, mächtiger als 1600 Fuß, würde also schon aus physikalischen Gründen der Schmelzpunkt des Eises erreicht sein, so daß eine solche mächtige Eisdecke also gar nicht existieren kann. Die Landoberfläche unter der Eisdecke ist nach übereinstimmenden Beobachtungen in Grönland wie in der Antarktis fast eben, und auch die vor der Stirn der Gletscher einsetzende Erosion zeigt, daß die entstandenen Täler von der Küste aus nur wenig landeinwärts reichen, so daß also der Grund für Nansens Annahme einer mächtigern Eisdecke, nämlich daß bei ähnlicher Konfiguration Grönlands wie Skandinavien die Täler 5000 bis 6000 Fuß hoch von Eis erfüllt sein müßten, nicht gilt.

Über 1600 Fuß starkes Eis könnte nur existieren, falls an der Erdoberfläche unter der Eisdecke eine Temperatur herrscht, die unter dem Schmelzpunkte des Eises liegt; dann müßte man aber, abgesehen von der dem Erdinnern entströmenden Wärme, die doch von dem Eise völlig absorbiert wird, da die Eisdecke die Erdoberfläche gegen Ausstrahlung nach oben hin schützt.

Schließlich trägt auch eine Beobachtung Scotts am Ferrargletscher dazu bei, die große scheinbare Mächtigkeit der einstigen Eisdecke zu erklären, wie sie durch die Schrammungen und Abhoblungen an den Talwänden in Erscheinung tritt. Danach muß dort das Eis einst 3000 bis 4000 Fuß höher gewesen sein, als heutzutage. Es muß also damals das Klima milder gewesen sein, da es für kalte Luft physikalisch unmöglich ist, mehr Feuchtigkeit zu enthalten, um den Gletschern eine erhöhte Zufuhr geben zu können. Bei dem mildern Klima konnte das Eis leichter schmelzen, wie wir auch jetzt bei antarktischen Gletschern Ströme fließenden Wassers aus ihnen heraustreten sehen. Die Erosion mußte also in den Gletschertälern während der Hauptvereisung eine stärkere sein, so daß die Täler

[1]) Geological Magazine 1906. p. 120.
[2]) Naturwissensch. Rundsch. 1906. p. 318.

sehr schnell vertieft wurden. Wurde das Klima kälter und die Gletscher infolge des Mangels an Zufuhr aus ihrem Nährgebiete kleiner, so vermochten die abfließenden Wasser nicht mehr das ganze Tal zu erfüllen, sondern gruben sich entweder neue engere Betten oder benutzten die einst durch subglaziale Ströme geschaffenen schmalen Rinnen. Auf diese Weise lassen sich, schließt Klautzsch, ungezwungen die in Europa und Amerika beobachteten Eismarken, 3000 bis 4000 Fuß über den Talböden, erklären, ohne daß man eine so gewaltige Eishöhe anzunehmen braucht.

Zum Problem des Inlandeises in Norddeutschland und speziell in Pommern stellt W. Deecke Betrachtungen an.[1]) Was die Mächtigkeit der Eisbedeckung anbelangt, so glaubt er, daß dieselbe 1000 *m* nicht zu übersteigen brauchte, da es sich um eine plastische Masse handle, die durch den Druck randlich ausweicht, solange es geht, und bis sich ihr innerer Druck ausgeglichen hat. „Es breitet sich daher selbst auf ebenem Boden aus und kann nur nicht höher ansteigen, als es der Druck, der durch innere Reibung vermindert wird, bedingt. Deshalb sind aber nur wenige hundert Meter über 560 *m* erforderlich, um den Gletscher bis in die Sudeten hineinzupressen. Somit ist das Mindestmaß durch obige Zahl angedeutet, die völlig genügen würde, um in der Tiefebene alles unter Eis zu setzen."

„Die norwegische Rinne ist über 500 *m* tief und innerhalb dieser Tiefenlinie 50 bis 100 *km* breit. Ein weniger mächtiges Eis konnte sie nicht überschreiten. Rechnen wir des Auftriebes wegen ein Siebentel zu und etwa 600 *m* Tiefe, so kommen wir für die Hauptvereisung, die über diese Furche hinwegging, auf ca. 700 *m* Minimum und für das letzte Inlandeis auf 500 *m* Maximum. In Skagerakwinkel steigt heute die Rinne sogar auf 800 *m*; eine bevorzugte Tiefe wird diese Stelle stets gewesen sein, und so erklärt sich das Fehlen der Moränenscharung in Jütland ungezwungen. Lag Norwegen etwas tiefer, so verschieben sich die abgeleiteten Zahlen um höchstens 200 *m*."

Im übrigen zeigt Deecke durch eine Überschlagsrechnung, daß die deutschen Teile des Inlandeises wirklich nur Ausläufer darstellen, die je nach der Mächtigkeit des hinterliegenden Inlandeises bedeutenden Schwankungen ausgesetzt sein mußten. Einheitliche Vereisung des skandinavischen Nordens schließt demgemäß Interglazialperioden bei uns keineswegs aus, aber umgekehrt seien diese als Erscheinungen des Randes nicht zu überschätzen.

Der heutige Standpunkt der Forschungen über die Eiszeit wurde von Prof. Geinitz sehr eingehend dargestellt.[2]) Die große Gletscherentwicklung, die man mit dem Namen der Eiszeit bezeichnet, fällt

[1]) Ztschr. d. Deutschen Geolog. Gesellsch. 1906. **58**. 1. Heft. p. 3.
[2]) Geinitz, Die Eiszeit. Braunschweig 1906.

in die auf die Tertiärzeit folgende Quartärepoche, die man in die Unterabteilungen Diluvium und Alluvium, letztere in die Gegenwart führend, einteilt. Zerfällt das Tertiär in die vier Abteilungen Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän, so kann man die Quartärformation als pleistocän bezeichnen. Der erste, welcher auf die große Vereisung in der Quartärzeit hinwies, war der ältere Agassiz. Er glaubte sogar eine Zeitlang, annehmen zu müssen, daß der ganze Erdball selbst bis in die äquatoriale Region des heutigen Brasiliens hin, damals mit Eis bedeckt gewesen sei, eine Meinung, die er mit Recht später selbst aufgegeben hat, und von der im Ernste heute nicht mehr die Rede sein kann. Was in dieser Beziehung wirklich erwiesen oder doch höchst wahrscheinlich gemacht ist, besteht darin, daß in Europa Skandinavien und Finnland von einer gewaltigen Gletschermasse bedeckt waren, die sich südwärts bis ins Herz von Deutschland und südöstlich bis nach Rußland hinein ausbreitete. Ein zweites Gletschergebiet bildete Großbritannien, während die Nordsee, soweit sie damals schon existierte, mit Packeis erfüllt war, ähnlich wie heute der Smythsund in Nordamerika. Die Alpen bildeten ein drittes ausgedehntes und selbständiges Gletschergebiet, und daneben waren die Pyrenäen, das französische Mittelgebirge, der Schwarzwald und die Vogesen, Tatra, Karpathen und der Kaukasus vergletschert. Die bei weitem umfangreichste diluviale Vergletscherung zeigte Nordamerika. Nach Geinitz verlief die südliche Grenze der Maximalausdehnung des dortigen Inlandeises von Long Island durch das nördliche New Jersey, weiter im Bogen durch Pennsylvanien über Ohio und Indiana, um nördlich vom Zusammenflusse des Ohio und Mississippi den südlichsten Punkt zu erreichen (39° nördl. Breite), von da aus nach Nordwest etwa längs des Mississippi und weiter nach dem Ursprungsgebiete des Saskatschewan. Von Interesse ist ein großes, eisfreies Gebiet innerhalb dieser gezogenen Grenze im Staate Wisconsin.

In Südamerika sind auch in der heißen Zone Gletscherspuren gefunden, des weitern waren Chile, Patagonien und Feuerland von riesigen Eismassen bedeckt.

Grönland, Island, Neusibirien und ebenso die Antarktis zeigen gleichfalls Spuren einstiger größerer Gletscherausdehnung.

In Australien und Neuseeland hat man ebenfalls weitgehnde Vergletscherung nachgewiesen.

Dagegen ist Asien (abgesehen vom Himalaya) und Afrika auffällig arm an quartären Glazialerscheinungen.

Geinitz tritt dafür ein, daß die quartäre Eiszeit nicht die einzige während der Vergangenheit der Erde gewesen ist, sondern ähnliche Erscheinungen am Ende der Steinkohlenzeit und vielleicht noch in einer andern Periode eingetreten seien; indessen sind die Unterlagen für diese Annahmen immerhin nicht ganz sicher. Daß vor der Eiszeit eine merklich andere Landverteilung als heute stattfand, ist dagegen

sehr wahrscheinlich; besonders nimmt man eine Landverbindung von Europa über Island nach Grönland hin an, so daß also damals Europa und Nordamerika etwa unter dem nördlichen Polarkreise zusammenhingen. Damit war also für die nördliche Erdhälfte eine ähnliche Landkonfiguration gegeben, wie sie heute für die südliche Hemisphäre besteht, und bezeichnenderweise steckt diese gegenwärtig noch in einer Art Eiszeit, von der niemand bestimmt sagen kann, ob sie ihr Maximum schon erreicht hat oder erst finden wird.

Eine wichtige und in gewissem Sinne die wichtigste Frage ist die nach der Ursache der Eiszeit, und Geinitz wendet ihr zunächst seine Aufmerksamkeit zu. Die allgemeinste Annahme geht dahin, daß die Eiszeit mit einem kältern Klima zusammenfalle, und viele meinen, daß eine Erniedrigung der mittlern Jahrestemperatur um 4° hinreichen würde, die große Vergletscherung zu erklären. Solche klimatische Änderungen sind in der Tat nicht abzustreiten; die Frage ist nur, ob sie als Ursachen oder als Folgen des Glazialphänomens aufzufassen sind. Geinitz hat im Jahre 1905 in einer größern Abhandlung: „Wesen und Ursache der Eiszeit", seine Ansicht dahin ausgesprochen, daß am Schlusse der Tertiärzeit die oben angedeutete veränderte Landkonfiguration meteorologische Verhältnisse bedingte, welche den heutigen im großen und ganzen zwar ähnelten, von ihnen aber insofern verschieden waren, als die Zugstraßen der barometrischen Minima gegenüber den heutigen wahrscheinlich derart verschoben waren, daß diejenige von Nordamerika etwas südlicher verlief und in Europa neben Zugstraße I eine der heutigen Zugstraße V analoge, nur etwas nach Süden verschobene, vorherrschte. Dadurch wurden nördlich jener Hauptzugsstraßen reichlichere Niederschläge und kühleres Wetter verursacht, während südlich davon reichliche Niederschläge eine sogenannte Pluvialperiode bedingten. Diese Theorie der Eiszeitentstehung ist die einzige zurzeit überhaupt ernstlich diskutable, allein sie ist keineswegs zuerst von Prof. Geinitz aufgestellt worden, sondern schon 26 Jahre früher von Klein in der Gaea.[1]) Die Ausführungen von Geinitz bestehen auch nur in einer ziemlich allgemein gehaltenen kurzen Darlegung, bei der er ein Hauptgewicht auf die Verteilung der atmosphärischen Minima und Zyklonenstraßen legt[2]) und sich begnügt, zu sagen: „In den paläometeorologischen Verhältnissen sehe ich Ursache und Wesen unserer quartären Eiszeit." In Wirklichkeit ist das keine Erklärung, sondern nur eine Wiedergabe der Tatsachen in andern Worten, es fragt sich aber, wodurch jene andern meteorologischen Verhältnisse bedingt waren.

In der erwähnten Abhandlung von Klein aus dem Jahre 1868 wird dagegen gar nicht von den hypothetischen Zyklonenbahnen während der Eiszeit gesprochen, sondern rechnerisch nachgewiesen,

---

1) Gaea 1868. 4. p. 401—411.
2) Vgl. Gaea 1905, S. 451, 452.

welchen erwärmenden Einfluß der heutige Golfstrom auf die europäischen Gestade ausübt, im Gegensatze zu der kalten Strömung, die an der amerikanischen Ostküste in gleicher Breite die mittlere Monatstemperatur im Maximum bis zu 22° R. unter jene in Norwegen herabdrückt.

Was die Zeitdauer anbelangt, um welche die Eiszeit zurückliegt, so betont Prof. Geinitz mit Recht, daß in dieser Beziehung sichere Zahlenwerte nicht ermittelt werden konnten, aber die Anschauung sich mehr und mehr Bahn bricht, daß Eiszeit und Nacheiszeit nur kurz (im geologischen Sinne kurz!) waren. Die Angaben von 100 000 Jahren seit der Eiszeit sind ganz unbegründet, vielleicht sind seitdem keine 20 000 Jahre verflossen, aber auch diese Zahl ist ziemlich willkürlich.

Zu den Bildungen, die unter Mitwirkung des Eises und seiner Schmelzwasser zustande gekommen sind, und die als glaziale und fluvioglaziale bezeichnet werden, gehören in erster Linie die Moränen mit ihrem unregelmäßig gelagerten Schuttmateriale, ihren geschrammten Geschieben, ihren großen Findlingen, ferner die Schotter- und Kies- oder Tonschichten der vor dem Gletscherende sich ausdehnenden Beschüttungsflächen, weiter die im Untergrunde des Eises gebildeten Schliffe oder Stauchungen des Bodens, die Riesenkessel der Gletschermühlen u. a. m. Auch ein Teil der Bodenumformungen wird vielfach auf die Erosionswirkung des Eises bezogen. Das Studium der heutigen Gletscher, sowie des grönländischen und auch des antarktischen Inlandeises hat unsere Kenntnis über diese Verhältnisse reichlich gefördert.

Von den Ländern, die zur Glazialzeit mit Eis überdeckt waren, gehörte in Europa in erster Linie das skandinavisch-russisch-norddeutsche Gebiet. Diese Inlandeisbedeckung hatte ihren Ausgang von zwei Zentren, Skandinavien und Schottland, und Geinitz glaubt, daß selbst bei der größten Ausdehnung des Eises dieses nicht zwischen beiden Zentren eine einzige kompakte Masse bildete, sondern beide nur durch schwimmende Packeismassen miteinander in Verbindung standen. Die vermehrten Niederschläge verursachten in den skandinavischen Bergen eine Senkung der Schneegrenze gegen 1000 *m* unter ihre gegenwärtige Lage herab. Die Gletscher breiteten sich mehr aus und reichten tiefer in die Täler hinab; andere vordem unter der Schneegrenze gelegene Stellen bedeckten sich mit ewigem Schnee und bildeten den Ausgang für die sich immer mehr vergrößernden Gletscher. Zu Anfang konnten die Gletscher den Tälern folgen, aber allmählich mußten sie immer mächtiger, das Firnfeld immer größer werden, bis endlich das Firnfeld und die Gletscher zusammenflossen in das zusammenhängende „Inlandeis". Die Bewegung dieser Eismasse wurde bestimmt, wie die des fließenden Wassers durch die Bodenneigung. Geringere Erhebungen unter dem Landeise hatten wegen dessen Mächtigkeit keinen oder nur lokalen Einfluß auf die Bewegung der Eismasse. Wenn auch das Eis in seiner Gesamtheit unabhängig von dem Relief des Bodens fortschritt, so war doch seine untere Schicht durchaus abhängig davon, so daß diese Schicht sich wohl auch in einer von der obern Eismasse ganz abweichenden Richtung bewegen konnte. Am Schlusse der Eiszeit nahm das Inlandeis an Mächtigkeit ab und löste sich wieder in einzelne, mehr von den Terrainformen abhängige Eisströme oder Gletscher auf.

In einem spätern Stadium erfolgte eine größere Eisansammlung östlich der heutigen Wasserscheide, so daß die „Eisscheide" nicht mehr mit der Wasserscheide zusammenfiel; dabei wurde die Bewegung des Eises hier unabhängig von den Reliefformen und erfolgte im Hochgebirgsgebiete sogar zum Teile entgegen der Bodenneigung. „Vielleicht," sagt Geinitz, „war der Grund dieser

Erscheinung ein reichlicherer Niederschlag östlich der gegenwärtigen Wasserscheide Skandinaviens.

Die Bewegung in dem Landeise ging von der „Eisscheide", d. i. von dem skandinavischen „fjellen" und seiner Umgebung strahlenförmig nach verschiedenen Richtungen aus. Das Eis schob sich nach Norden in das Eismeer, nach Osten, Südosten und über die baltische Senke und Finland weit nach Rußland hinein bis in das Herz von Deutschland, nach Südwesten über Dänemark, in die Nordseegegend bis Holland.

Mächtige Packeismassen bildeten sich zur Eiszeit in dem arktischen und atlantischen Meere. Dieses Packeis reichte bis zum norwegischen Meere und versperrte so dem Landeise seinen natürlichen Abweg. Daher mußte das norwegische Eis seinen Weg über die Shetlandsinseln nehmen, dort das schottische Eis eigentümlich ablenkend; in ähnlicher Weise wurde durch Absperrung des Eismeeres die große Ausbreitung des Landeises in südöstlicher Richtung nach Rußland ermöglicht. Eine noch erhöhte Widerstandsfähigkeit der nordwestlichen Packeismassen zwang dann in der Haupteiszeit den sogenannten ältern baltischen Eisstrom, nunmehr eine südliche Ausbreitung zu nehmen.

Die speziellen Verhältnisse der Moränenablagerungen und der Fluvioglazialbildungen in Skandinavien, Finland, Rußland, Dänemark und Norddeutschland werden von Prof. Geinitz sehr klar und eingehend dargestellt. Die mannigfachen Ablagerungen der Eisszeit treten in sehr verschiedener gegenseitiger Lagerungsform auf, ein bunter Wechsel erscheint hier, eine gewisse Eintönigkeit dort; Leithorizonte wie in den ältern Formationen fehlen, dagegen finden sich an den verschiedensten Stellen organische Reste, Tiere und Pflanzen, zum Teile in wohlausgeprägten Schichten, die zu ihrer Bildung eine geraume Zeit beansprucht haben, und deren klimatische Befunde auffällig sind.

Die Ansichten, wie die Gesamtheit der Tatsachen im Rahmen der Glazialzeit unterzubringen sei, haben dazu geführt, mehrere durch Epochen größerer Wärme voneinander getrennte Eiszeiten anzunehmen. Die gegenwärtig am meisten herrschende Ansicht ist, daß es drei Eiszeiten mit kaltem Klima gegeben habe, mit je einer wärmern Zwischenzeit (erstes und zweites Interglazial), in denen ein Klima wie das gegenwärtige herrschte, zum Teile sogar noch etwas milder. In diesen langen Interglazialzeiten müßten die Gletscher weggeschmolzen und mindestens bis auf die heutigen Verhältnisse zusammengeschrumpft sein. Demgegenüber hält Prof. Geinitz an der Einheitlichkeit der Eiszeit fest.

„Die Eiszeit," sagt er, „trat infolge der oben skizzierten meteorologischen Verhältnisse ein, Schritt für Schritt vermehrten sich die Gletscher in den verschiedenen Gebirgszentren und drangen bis an ihre äußerste Grenze vor, Schritt für Schritt wichen sie alsdann wieder zurück. Daß hierbei wiederholt Schwankungen, Oszillationen, vorkommen mußten, ist wohl verständlich. Manche Stadien des Vor- und Rückganges werden längere Zeit festgelegen haben (wir erinnern an das Rückzugsstadium der sogenannten baltischen Endmoräne), und so fand ein wiederholter wechselnder Kampf zwischen Vordringen des Eises und Abschmelzung statt. Daß die einzelnen größern oder kleinern Gletscher, ehe sie zu dem Landeis verschmolzen, und nachdem sie sich von demselben wieder ablösten, zuweilen auch eisfreie Gebiete mit ihrer Fauna und Flora umschließen konnten, ist eine durch Beobachtung der driftless area in England und Nordamerika gestützte Vermutung.

So konnten vielfach Verhältnisse vom Charakter der „Interglazialprofile" entstehen. Niveauschwankungen zu verschiedenen Epochen komplizierten die äußern Bedingungen.

Wir können also für die einzelnen Gebiete gar wohl einzelne Phasen der Eiszeitgeschichte unterscheiden, müssen aber dabei vermeiden, die Beobachtungen des einen Gebietes auf andere verallgemeinernd zu übertragen;

analog gegliederte quartäre Ablagerungen in verschiedenen Gegenden sind nicht synchronisch. Dies erschwert freilich die Gliederung, wie wir sie aus ältern Formationen gewohnt sind."

Schon während der Eisbedeckung waren Schmelzwasser tätig und brachten aus dem Moränenmateriale Schlämmprodukte zum Absatze, dies mußte aber in großartigem Maße eintreten, als das Eis infolge zunehmender Schmelzung abnahm und sich zurückzog. „Das Schmelzwasser des Eises hat einen ganz hervorragenden Anteil an der Entwicklung der Oberflächengestaltung genommen. Die Umformung des Geländes ist nach dem oben Gesagten somit geologisch gleich alt mit den letzten Grundmoränen-, Endmoränen-, Sand- und Talbildungen.

Das Abschmelzen der enormen Eismassen lieferte ganz ungeheure Mengen von Wasser; die mannigfachen Wirkungen dieser Wassermassen sind so in die Augen fallend, daß gerade sie dem Diluvium, unserm „Schwemmlande", das Gepräge aufzudrücken scheinen. Man muß sich vorstellen, daß das ganze von dem schwindenden Eise bedeckte oder schon von ihm verlassene Gelände gewissermaßen plötzlich unter Wasser gesetzt wurde, und daß hier Stromschnellen und Wasserfälle eine gewaltige Arbeit der Ausstrudelung, Abtragung und Zerfurchung leisteten.

Der Tätigkeit der Schmelzwässer verdanken sowohl die weiten, meist von tiefen Alluvialmassen erfüllten Flußtäler und viele Seen, welche Überreste solcher Ströme sind, als auch zahlreiche der isolierten oder durch spätere kleinere Abflüsse entwässerten Seen, Teiche, Sümpfe, Moore, Kessel und Sölle ihren Ursprung.

Berendt erkannte, daß am Rande des immer weiter nach Norden zurückweichenden Eises durch dessen Schmelzwässer die mächtigen sogenannten „Urstromtäler" entstanden sind, deren Lauf in O—W- bzw. OSO—WNW-Richtung durch die Talanteile der heutigen Ströme, sowie die verbindenden Niederungen deutlich erkennbar ist. Sie sind nacheinander von Süd nach Nord entstanden, so daß das südlichste, das „Berlin-Hannoversche oder Breslau-Magdeburger Tal" das älteste ist; ihm folgen das „Glogau-Baruther", das „Warschau-Berliner" und endlich das „Thorn-Eberswalder Tal". Sie hatten ihren Abfluß zuerst vielleicht durch das untere Wesertal, später durch das untere Elbtal. Außer diesen südlich des baltischen Höhenrückens verlaufenden Tälern entwickelte sich ein fünfter, nördlich des Rückens vor dem Innenrande der baltischen Endmoränen verlaufender Urstrom, der „baltische Urstrom", dessen Lauf heute zum größten Teile von der Ostsee verhüllt wird."

Die zahlreichen Seen Norddeutschlands, deren Existenz in enger Beziehung zur Eiszeit steht, teilt Geinitz ein in Erosionsseen' Grundmoränenseen, Stauseen, Rinnen- oder Flußseen, Falten- oder Muldenseen, Gletschererosionsseen, Einsturzseen und Strandseen. Torfmoore bezeichnen den Ort früherer Seen und Gewässer. Eingehend beschäftigt sich Geinitz mit den postglazialen Niveauschwankungen, welche im wesentlichen in Senkungen der nordeuropäischen Küstengebiete bestanden, doch kommen auch Hebungen vor. Er geht genauer auf die einzelnen Befunde ein, die Deutung der verschiedenen Wahrnehmungen ist aber stets problematisch, was bei dem fragmentarischen Charakter und der Vereinzelung der Beobachtungen nicht auffallen kann. Die Schlußfolgerungen lauten meist auf wiederholte Senkungen und auch auf Ansteigen des Landes; im ganzen dürfte man aber mit der Hypothese eines durch Abschmelzen oder Vergrößerung der Gletscherbedeckung entstandenen veränderlichen Niveaustandes der umgebenden Meere auch auskommen, um so mehr als niemand weiß, welche von diesen mit dem Ozeane zusammenhingen und welche nicht. Vor den oft recht gekünstelten Schlüssen aus lokalen Ablagerungen, die bei geologischen Forschern ziemlich beliebt sind, muß ernstlich gewarnt werden.

Das Glazial Großbritanniens wird von Geinitz sehr eingehend behandelt. „Diese Glazialbildungen (die sogenannte „Drift") gingen von den schottischen und nordenglischen Hochgebirgen aus und bildeten eine selbständige Er-

scheinung, die erst später teilweise mit der skandinavischen in Berührung trat.

In Schottland besitzt der Geschiebemergel, till, eine große Verbreitung. Er ist auch hier (besonders in den niedrigen Landesteilen) ein fester, zäher, stark zusammengepreßter steiniger Ton; häufig wird er aber auch sandiger, oder er bildet eine grobe Zusammenhäufung eckiger und halbeckiger Steine mit einer groberdigen Grundmasse. Einlagerung von Sand- oder Tonnestern oder lagenweise Anordnung der Blöcke bilden bisweilen eine Art rohe Schichtung.

Die Heimat der Geschiebe sind die schottischen Berge, und zwar mehr oder weniger lokalisiert. Auch als „Lokalmoräne" ist der till bisweilen ausgebildet, und öfters zeigt der Geschiebelehm in seiner Natur wie in Färbung und Geschiebeführung eine lokale Abhängigkeit von dem Untergrunde.

Die fächerförmige Verbreitung von Leitblöcken in England läßt deutlich den Weg der großen Eisströme erkennen; Bonney hat vier Zentren für die Verbreitung dieser Geschiebe nachgewiesen: 1. Kirkcudbrightshire (Granite), 2. Lake District (Felsite und Granit), 3. Wasdale Crag (Shapgranit) und 4. Arenig (Felsit).

In Zentralengland lagen zwei eisfreie Gebiete inmitten der Eisdecke; die Yorkshire Moors und die Derbyshire Berge; während die nördliche Penninkette unter Eis lag, ragten die südlichen höhern Berge als Nunatakr über das Eis heraus. In diesen Gebieten findet man die scharfen Verwitterungsformen der subaerischen Erosion."

Geikie nimmt drei Eiszeiten Großbritanniens an, indessen hat Prof. Geinitz gewiß recht, wenn er die lokalen Vereisungen nur als Stillstandsphasen in dem allgemeinen Rückgange der großen Vergletscherung ansieht. In der Spät- und Postglazialzeit herrschte auf den britischen Inseln eine arktische Flora vor, wie mehrfache Funde erwiesen haben.

„In vielen Mooren, auch auf den Inseln und an andern Orten, wo jetzt keine Waldbäume wachsen, finden sich zuunterst Reste von Waldbäumen (neben denen der heutigen Flora besonders Eiche und Fichte). Der Wald war also ausgedehnter als heute, die Inseln waren mit dem Lande verbunden. Bisweilen hat man drei Horizonte von Baumresten gefunden. Häufig finden sich auch Moore und Waldreste unter dem Meeresspiegel."

Das Glazialphänomen der Alpen ist durch zahlreiche Arbeiten, vor allem durch die grundlegenden Studien von Venetz, Agassiz, Charpentier, Desor gründlich erforscht worden und findet in dem großen Werke von Penck und Brückner: „Die Alpen im Eiszeitalter", eine erschöpfende Darstellung. Geinitz stellt alles Wichtigere in vortrefflicher Weise zusammen.

„Die alpine Vergletscherung," sagt er einleitend, „läßt sich auf die heutigen Ursprungsgebiete zurückverfolgen, daneben existierten aber auch weitere Gletscherzentren in heute eisfreien Bergteilen; in den Alpen zeigt sich besonders deutlich, daß das quartäre Glazialphänomen nichts anderes als eine mächtige Vergrößerung der gegenwärtigen Verhältnisse gewesen ist.

Die Eisströme waren abhängig von der Gestaltung der Teile des Gebirges, aus denen sie hervorgingen; die Größe und Art ihrer Entwicklung bedingten die Verschiedenheiten in dem Aufbaue der einzelnen Gletschergebiete.

Weit ins Vorland drangen die Einzelgletscher des alpinen „Eisstromnetzes" und vereinigten sich hier zum Teile zu zusammenhängender Eisdecke der „Vorlandvergletscherung", in welcher aber stets noch die ursprünglichen Gletscher nachweisbar sind. Den klimatischen Verhältnissen entsprechend, war das Vordringen auf der Südseite geringer als auf der Nordseite des Gebirges, und hier wieder im Osten (wegen den geringern Höhen der Gletscherzentren und der trocknern Luft) geringer als im Westen. Im Westen finden wir auch die größten Dimensionen der erratischen Blöcke.

Vordringen, sowie Abschmelzen fand nicht kontinuierlich statt, sondern es machten sich hierbei Ruhe- oder Stillstandsphasen bemerkbar.

Dies hat Veranlassung zu einer speziellen Gliederung gegeben, die besonders den Arbeiten von A. Penck zu danken ist. Penck glaubte früher drei, später (1899) sogar vier getrennte Eiszeiten nachweisen zu können.

Auch der langsame Rückzug der eiszeitlichen Vergletscherung war durch zahlreiche Halte und neue Vorstöße unterbrochen; diese „Stadien" waren von viel kürzerer Dauer als die einzelnen Vergletscherungen. Penck unterscheidet drei solcher Stadien des erneuten Vorrückens, mit zwischenliegenden Zeiten größern Rückzuges, sogenannte Schwankungen, und meint, daß sich die drei Stadien durch die Abstände ihrer Schneegrenzen um je 300 *m* unterscheiden: die des Bühlstadiums lag 200 bis 300 *m* über der Würmzeit, die des Gschnitzstadiums weitere 300 bis 400, die des Daunstadiums wieder 200 bis 300 *m* und die heutige noch 300 bis 400 *m* höher. In der Achenschwankung lag die Schneegrenze etwa so hoch wie später im Gschnitzstadium. Später hat Frech noch ein viertes Stadium, das Tribulaunstadium, eingeführt, welches aber von Brückner verworfen wird."

Das weite Land zwischen der nordischen und der alpinen Vergletscherung stand natürlich unter der Einwirkung beider. „Mächtige Kiesablagerungen, Kalktuffbildungen, großartige Erosionserscheinungen entsprechen in der Tat jener „Diluvialzeit", und auch das Vorhandensein von Gletschern ist in den höhern Gebirgen nachgewiesen, die in innigem Zusammenhange mit Schottersedimenten stehen. Außerdem finden wir hier die Höhlenablagerungen von ihren tierischen und menschlichen Überresten. Ferner liegt hier, außerhalb der Gebirge, das Gebiet des Löß, einer hochinteressanten, weit verbreiteten Ablagerung, welche die Fruchtbarkeit des Geländes wesentlich bedingt.

In jenen eisfreien Gebieten drängte sich die Tier- und Pflanzenwelt zusammen, und suchte sich der Mensch seine Wohnplätze. Wechsel zwischen Aufschüttung und Erosion, mit Terrassenbildungen der Täler u. a. m., Wechsel in den Pflanzenwanderungen mit ihren verschiedenen Klimabedingungen werden gern mit dem Wechsel von Glazial- und Interglazialzeiten parallelisiert und je nach der Auffassung des betreffenden Autors mit mehr oder weniger großer Bestimmtheit einem angenommenen Schema eingegliedert."

In manchen heutigen Flußtälern erkennt man in den begleitenden Höhenzügen die Spuren alter Terrassen, so in Thüringen und am Rhein zwischen dem Neuwieder Becken und der Bonn-Kölner Bucht. Geinitz glaubt, letztere mit ehemaligen Landerhebungen in Verbindung bringen zu müssen, in Wirklichkeit sind, wie Laspeyres nachgewiesen, die Ablagerungen beiderseits des heutigen Rheinbettes infolge von Aufstauung des Wassers durch die nordischen Gletscher entstanden. Ähnliche Stauungen werden auch in andern Flußtälern stattgefunden haben, und man braucht dafür die ominösen „Hebungen" nicht in Anspruch zu nehmen. Was die Vergletscherung der deutschen Mittelgebirge anbelangt, so muß nach Prof. Steinman angenommen werden, daß im Schwarzwalde individualisierte Gletscherströme sich bis zum Ausgange der größern Täler herabsenkten, auch die Vogesen waren vergletschert, ebenso das Hardtgebirge, der Odenwald und Spessart, Frankenwald und Thüringerwald, endlich der Harz. Von letzterm sind aber merkwürdigerweise nur Spuren von kleinern Vergletscherungen nachgewiesen, während man a priori annehmen sollte, daß der Harz eine gewaltige Gletschermasse um sich versammelt haben müßte. Im Riesengebirge reichte die Schneegrenze zur Eiszeit bis 1150 *m* Meereshöhe herab, und zur Zeit der großen Ausdehnung der Gletscher waren dort (nach Partsch) 84.3 *qkm* von Eis und Firn bedeckt.

Bezüglich der Eiszeitgletscher im übrigen Europa gibt Geinitz sorgfältige Zusammenstellungen. Hiernach waren die Pyrenäen vergletschert (am meisten auf der Nordseite) und in den sogenannten Zirken haben wir alte Gletscherbetten zu sehen. Die Hohe Tatra war stark vergletschert, weniger die übrigen Karpathen, bei denen nur die bedeutendsten Erhebungen kleine Gletscher trugen, in den transsylvanischen Alpen sind bis jetzt nur Spuren ehemaliger Vergletscherung gefunden worden. Die Balkanhalbinsel trug dagegen zur

Eiszeit an vielen Stellen Gletscher, und der Kaukasus war ebenfalls, besonders auf der nördlichen Seite, stark vergletschert.

Wie ausgedehnt aber immer die Eisbedeckung des nördlichen Europa war, so schrumpft ihre Größe doch sehr zusammen neben der gleichzeitigen Eisbedeckung Nordamerikas. Nach Upham war damals das ganze britische Nordamerika und der nördliche Teil der Vereinigten Staaten von Eis bedeckt, dessen südlichste Grenze an die Mündung des heutigen Ohio in den Mississippi verlegt wird. „Auch für Nordamerika ist es zweifellos, daß zu Anfang der Eiszeit eine große Anzahl von Einzelgletschern existierte, die sich späterhin zu einem zusammenhängenden Inlandeise vereinigten, um am Ende sich wieder einzeln aufzulösen. Die selbständige Bewegung der einzelnen Teile der Eisdecke ist an dem Verlaufe der Endmoränen zu erkennen, sowie in dem merkwürdigen Vorhandensein der sogenannten driftless area, einem mehrere hundert Quadratmeilen (engl.) großes Gebiet im südwestlichen Wisconsin, Illinois, Iowa und Minnesota, welches niemals von dem Landeise bedeckt war, und hinter welchem sich trotzdem die Eisströme wieder zusammenschlossen, um noch über 300 Meilen weit sich zu erstrecken.

Von der Küste von Maine reicht das Eis zur Zeit der größten Ausbreitung in den Atlantischen Ozean hinaus, seine Endmoränen liegen tief am Meeresboden. Ob die ungeheuren Eisfelder des nördlichen Amerika zu einem Ganzen vereinigt waren oder getrennt blieben, ist zurzeit nicht ausgemacht. Die Felsengebirge trugen damals große Gletscher, doch kam es dort nicht zu einer allgemeinen Vereisung; größer waren die Gletscher der Sierra Nevada und des Kaskadengebirges entwickelt. Die Boden- und Bewässerungsverhältnisse zur Zeit des Gletscherrückzuges sind besonders für den östlichen Teil der Union durch zahlreiche Detailuntersuchungen ziemlich genau ermittelt worden. Besonders kam es damals zur Bildung ungeheurer Seen infolge Aufdämmung der Flußwasser durch Eisbarrieren, auch sonst bildeten sich während der Rückzugsperiode der Gletscher (Camplain-Periode) gewaltige Seebecken, so der Agassiz-See in Minnesota und Manitoba, dessen Oberfläche auf 100 000 (engl.) Quadratmeilen geschätzt wird. Bezeichnenderweise war auch in Nordamerika mit dem Schmelzen des Eises ein Sinken des Landes verbunden, wahrscheinlich nur scheinbar, indem das Meeresniveau stieg. Auch bezüglich der nordamerikanischen Eiszeit sind die Ansichten verschieden, ob es sich um eine einheitliche Erscheinung oder um mehrere, durch mildere Zwischenzeiten getrennte Glazialperioden handelt. Wright nimmt nur eine Eiszeit an, Chamberlin dagegen drei. Was die Ursache dieser Eiszeit anbelangt, so sind darüber die Ansichten ebenso verschieden wie in Europa; man neigt dort aber dazu, der Eiszeit kein sehr hohes Alter und keine sehr lange Dauer beizulegen. „Die vergletscherten Gebiete tragen ein viel jüngeres Gepräge als die nicht vereist gewesenen, die Wasserfälle sind jung, die Schluchten enger und weniger tief als in den nicht vereist gewesenen Gebieten, die Felsen weniger intensiv verwittert, die Seen und Kessel noch wenig von Sedimenten erfüllt; endlich ist auch die Tatsache, daß Fauna und Flora der Eiszeit (einschließlich Mensch) dieselbe wie die heutige ist, gegen eine zu lange Dauer der Zeiten anzuführen. So ist z B. das Alter des Niagarafalles, bzw. der Niagaraschlucht zwischen Queenston und dem heutigen Falle früher übertrieben geschätzt worden; Desor nahm an, das Rückwärtsschreiten erfolge um 1 Fuß im Jahrhunderte, und kam dabei zu dem Alter von 3 500 000 Jahren, Lyell kam nur auf den zehnten Teil dieser Zeit, 35 000, aber neuerlich hat sich ergeben, daß nur 7000 bis 10 000 Jahre dazu nötig waren; das gleiche ergaben Beobachtungen an den Fällen von St. Anthony bei Minneapolis."

Ernstliche Bedenken können wohl kaum gegen die Annahme erhoben werden, daß die Landverbindung, welche die nordeuropäische Eiszeit verursachte, auch die nordamerikanische hervorrief, und was Skandinavien damals für Europa bedeutete, war Grönland für Nordamerika.

Die Beobachtungen über quartäre Vergletscherungen in Asien und Afrika

sind zu fragmentarisch, um darauf Schlüsse von allgemeiner Bedeutung zu gründen, sicher ist dagegen, daß ein großer Teil Südamerikas, bis zum 37° südl. Breite hin vergletschert war, und ebenso hatten Australien und Neuseeland gewaltige quartäre Gletscher. Man sollte aber vorsichtig sein und diese alte Vergletscherung nicht ohne weiteres mit der nordischen Eiszeit in unmittelbare Verbindung bringen, weit wahrscheinlicher gehören sie einer antarktischen Eiszeit an, deren Reste wir heute noch in den ungeheuren Gletschern des südpolaren Kontinentes erblicken.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Ein neues in der Atmosphäre enthaltenes Gas. Im Jahre 1903 wies E. C. C. Baly darauf hin, daß nach seinen Messungen die zweiten Krypton- und Xenonspektren 37 Linien von gleicher Intensität gemeinsam haben. Er sprach die Vermutung aus, daß diese Linien vielleicht einem schwerern Gase derselben Gruppe angehören, das in den beiden genannten als „Verunreinigung“ enthalten sei. Diese Bemerkung gab Dr. Rudolf Schmidt Veranlassung zu einer Untersuchung, in deren Verlauf sich allerdings die Vermutung Balys in der von ihm angedeuteten Beziehung nicht bestätigte, die aber zu dem Ergebnis führte, daß das Xenon kein elementares Gas, sondern ein Gemisch mehrerer Gase ist; eine dieser Komponenten konnte abgeschieden und ein Teil ihres ultravioletten Spektrums bestimmt werden. Die Untersuchung ist noch nicht nach allen Richtungen hin als abgeschlossen zu betrachten; da sie aber infolge äußerer Gründe augenblicklich eine Unterbrechung erfahren mußte, so hat R. Schmidt die bis jetzt gewonnenen Resultate in Kürze mitgeteilt.[1])

Es ergab sich, daß der größere Teil der Linien mit solchen identisch ist, die von Baly dem Xenon zugeschrieben werden. „Der wesentliche Unterschied,“ bemerkt R. Schmidt, „besteht zunächst darin, daß Baly in demselben Bezirke etwa 500 Linien mißt, davon 92 mit Intensitäten höher als 3! Man könnte einwenden, daß die Spektren auf beiden Platten etwa infolge nicht genügender Belichtungsdauer lichtschwächer seien, als die Balyschen Aufnahmen, und daher nicht alle Linien enthalten. Dagegen spricht erstens, daß Linien von geringer Intensität auftreten, die mit Balys Xenonlinien von ebenso geringer Intensität identisch sind, während alle von Baly als die intensivsten bezeichneten Linien fehlen, und zweitens wurden in Aufnahmen des Kryptonspektrums, die unter völlig den gleichen Bedingungen wie bei den oben beschriebenen Aufnahmen (Druck, elektrische Größen, Belichtungsdauer) gemacht wurden, alle Kryptonlinien, die Baly angibt, gefunden. Weiter aber ist bemerkenswert, daß Linien, welchen Baly geringe Intensitäten (sogar < 1) zuschreibt, auf den beiden Platten die größte Intensität haben. Berücksichtigt

[1]) Vhdlgn. d. Dtsch. Phys. Ges. 1906, Nr. 14.

man schließlich, daß eine Anzahl der Linien mit den Linien keines der in Frage kommenden Elemente identifiziert werden konnten, so ist wohl der Schluß nicht von der Hand zu weisen, daß wir das Spektrum eines bisher unbekannten Gases von wahrscheinlich hohem Atomgewichte vor uns haben. Diese Tatsache involviert dann weiter den Schluß, daß das Xenon kein elementares Gas, sondern ein Gemisch mehrerer Gase ist; die Frage, aus wieviel Komponenten es besteht, ist einstweilen noch offen. Denn die bisher untersuchten Fraktionen zeigen nur einen Teil der übrigen Xenonlinien; eine große Anzahl der von Baly gegebenen Linien konnte überhaupt noch auf keiner Platte gefunden werden. Aufschluß wird wahrscheinlich die Untersuchung aller bei den einzelnen Fraktionen aufgefangenen Gasreste bringen."

Über die Herkunft der Ionen in der Atmosphäre hat Prof. F. Exner Untersuchungen angestellt.[1]) Auf Grund der Bestimmungen des Gehaltes der Atmosphäre an radioaktiver Emanation weist er nach, daß dieser Gehalt hinreicht, um die tatsächlich vorhandene Ionisierung der Freiluft zu erzeugen; man kann also im Gehalte der Atmosphäre an radioaktiver Emanation den maßgebenden Ionisator derselben erblicken. Es wird nun die Frage diskutiert, auf welchem Wege diese radioaktive Emanation in die Atmosphäre gelangt. Nach Berücksichtigung der meisten diesbezüglichen Abhandlungen anderer Autoren, kommt Verfasser zu dem Schlusse, daß einerseits die Luftdruckschwankungen die zeitliche Verschiedenheit des Emanationsgehaltes der Luft an einem bestimmten Orte befriedigend zu erklären vermögen, anderseits aber der Diffusion eine nicht unwesentliche Rolle in diesem Falle zukommt.

Lufttemperatur.

Über Strahlungsnormalen und Mittellinien der Temperatur macht Prof. v. Bezold weitere Mitteilungen.[2]) Vor mehrern Jahren hat derselbe darauf hingewiesen, daß es zweckmäßig ist, bei Zusammenstellung von Mittelwerten für ganze Breitenkreise nicht die Breitengrade selbst, sondern deren Sinusse als Argument zu wählen, da alsdann zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahlen gleiche Flächenstücke liegen, und diese Zahlen somit bei der Bildung von Gesamtmitteln ohne weiteres mit dem richtigen Gewichte in Rechnung gebracht werden.

---

[1]) Sitzungsber. d. Akad. der Wissensch. in Wien 1905. Nr. 16. Chemiker-Zeitung, Cöthen, p. 1250.
[2]) Meteorolog. Ztschr., Hann-Band 1906. p. 276.

Diesen Gedanken hat er später weiter ausgeführt und auch noch auf Luftdruck, Bewölkung und Niederschläge ausgedehnt.

In der zweiten der Abhandlungen hat er unter anderm darauf aufmerksam gemacht, daß es mit Hilfe von Tabellen oder von graphischen Darstellungen, die unter den oben genannten Gesichtspunkten entworfen sind, nicht schwer ist, jene Parallelkreise zu finden, an denen sowohl im Jahre, als auch in einzelnen Monaten oder Tagen der diesen Kreisen zukommende Mittelwert gerade jenem der ganzen Erde gleichkommt. Durch Ziehen dieser Kreise, bzw. deren Projektionen bekommt man eine sehr anschauliche Vorstellung von den betreffenden Mittelwerten für die ganze Erdoberfläche. Er hat sie deshalb, sofern es sich um die Sonnenstrahlung handelt, als „Strahlungsnormalen", für die Temperatur aber als „Mittellinien der Temperatur" bezeichnet, da für die Temperatur das Wort „Normalen" bereits in anderm Sinne gebräuchlich ist. Diese Linien sind demnach die Trennungslinien zwischen jenen Teilen der Erde, an welchen die Strahlungssummen, bzw. die Temperaturen höher sind, als das Mittel für die ganze Erde von jenen, an denen sie tiefer sind. Die betreffenden Linien selbst können alsdann als Repräsentanten für die ganze Erde gelten.

Anknüpfend an seine frühern Arbeiten hat Prof. v. Bezold seine Untersuchungen jetzt erweitert und kommt zu folgenden Ergebnissen:

Rund um die ganze Erde zieht sich im Jahresmittel in den Frühjahrs- und Herbstmonaten eine Zone, die mehr als den Durchschnitt der Sonnenstrahlung erhält.

Dieser Ring reicht im Jahresmittel von 37° 9′ S bis 37° 9′ N und bedeckt demnach 0.604 oder rund 60% der ganzen Erdoberfläche.

Er wandert mit ziemlich gleichbleibender Fläche von dem Äquinoktium nach der Sommerhalbkugel hin und verliert bei der Annäherung an das Solstitium seine polare Grenzlinie, die polare Normale, gänzlich indem er sich in eine den Äquator einschließende Kugelschale verwandelt. Ähnliche Verhältnisse bestehen hinsichtlich der Temperaturen. Ein Ring mit übernormaler Temperatur umgibt den äquatorialen Teil der ganzen Erde.

Auch diese Zone umfaßt ähnlich wie jene der übernormalen Strahlung sechs Zehntel oder 60% der Erdoberfläche. Sie ist jedoch etwas nordwärts verschoben und reicht von 35° S bis 38° N, also etwa von der Breite von Buenos-Aires bis zu jener von Athen.

Diese Zone mit Mitteltemperaturen von mehr als 15.0° — immer von jenen ganzen Parallelen gesprochen — verschiebt sich südwärts im Winter der Nordhalbkugel und zieht sich zugleich zusammen, so daß sie nur $57^1/_2$% der Erdoberfläche umspannt. Ihre Begrenzungen lassen sich ungefähr durch die Breiten von Kairo und von Valdivia charakterisieren.

Ganz anders im Juli; da zeigt sich die Zone mit höherer Temperatur als 15.0° bedeutend verbreitert, und zwar besonders nach

der polaren Seite, so daß sie $67^1/_2$% der Erdoberfläche umfaßt. Sie reicht in diesem Monate von 31° S, d. h. etwa von der Breite von Valparaiso bis zu 57° N, d. h. bis zu jener von Riga.

„Die Mittellinie von 15.0° stößt demnach im wärmsten Monate der Nordhalbkugel um volle 15 Breitengrade weiter polwärts vor als jene auf der südlichen Halbkugel, die noch dazu in ihrem Sommer das Perihel durchschreitet. Diese höchst merkwürdige Erscheinung läßt sich wohl nur durch die gewaltige Vergletscherung der Antarktis erklären.

Zum Schlusse weist er noch besonders darauf hin, daß die Zonen mit übernormaler Strahlung und mit übernormaler Temperatur im Jahresdurchschnitte beinahe genau durch dieselben Parallelkreise begrenzt werden, d. h. daß die Strahlungsnormalen im Jahre und die Mittellinien der Jahrestemperatur beinahe zusammenfallen, wie es nach den 1901 von ihm aufgestellten empirischen Formeln nicht anders zu erwarten war.

Dies legt den nicht ohne weiteres zwingenden Gedanken nahe, daß jene Teile der Erde, an denen die Einstrahlung unter den Wert von 300 Äquatorialtagen herabsinkt, der $^4/_{10}$ oder $^2/_5$ der Erdoberfläche ausmacht, überwiegend der Ausstrahlung dient, und daß dementsprechend die Wärmeabgabe sich auf einen erheblich kleinern Teil der Erdoberfläche konzentriert als die Einstrahlung, und diese demnach, auf gleiche Flächen bezogen, viel intensiver sein muß. Auch darf wohl daran erinnert werden, daß die Breite von ± 37° jenen ziemlich nahe liegt, an denen der Luftdruck Maximalwerte erreicht, und der Passatkreislauf von jenem der höhern Breiten abgelöst wird. Endlich sind dies auch jene Breiten, über welche die Zentren der elektrischen Wirbel hinziehen, welche die tägliche Periode des Erdmagnetismus bedingen."

Die tägliche solare Wärmestrahlung auf einer in beliebiger Breite festgegebenen Flächeneinheit ist auf theoretischer Grundlage in strenger Weise von Dr. F. Hopfner bestimmt worden.[1]) Er kommt dabei zu folgenden allgemeinen Schlüssen:

Für den Äquator. Für Flächeneinheiten, in deren mittlern Mittag die mittlere Sonnenlänge die Werte 0°, 90°, 180°. 270° annimmt, verläuft die tägliche Strahlungskurve symmetrisch in bezug auf die Ordinate für den mittlern Mittag, d. h. die tägliche solare Strahlung ist in diesen Bahnpunkten am Vor- und Nachmittage bei gleichem mittlern Stundenwinkel gleich intensiv. Für alle übrigen Längen L_0 ist die tägliche solare Strahlung am Vor- und Nachmittage nicht gleich intensiv bei gleichem mittlern Stundenwinkel, und zwar erhält die Flächeneinheit für alle mittlern Sonnenlängen im I. (Sonnenlängen 0 bis 90°) und III. (Sonnenlängen 180 bis 270°) Quadranten am Vormittage mehr Wärme als am Nachmittage, da-

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1906. p. 396.

gegen im II. (Sonnenlängen 90 bis 180°) und IV. Sonnenlängen 270 bis 360°) Quadranten am Nachmittage mehr als am Vormittage.

Für beliebige Breiten φ. Für Flächeneinheiten aller Breiten beider Hemisphären, deren mittlere Länge in ihrem mittlern Mittage 90°, bzw. 270° beträgt, ist die tägliche solare Strahlung am Vor- und Nachmittage bei gleichem mittlern Stundenwinkel gleich groß. Für die folgenden Sätze ist ein Unterschied zu machen zwischen den Polhöhen, welche die Bedingung $\varphi < \varepsilon$ und jenen, welche die Bedingung $\varphi \geqq \varepsilon$ erfüllen. Hier bezeichnet ε die Schiefe der Ekliptik.

Im erstern Falle ist die solare Strahlung noch gleich am Vor- und Nachmittage bei gleichem mittlern Stundenwinkel auf Flächeneinheiten, für welche die Sonnendeklination in ihrem mittlern Mittage gleich ist ihrer Polhöhe. Außerhalb dieser Bahnpunkte ist die solare Strahlung am Vor- und Nachmittage bei gleichem mittlern Stundenwinkel ungleich. Und zwar ist sie für Breiten der Nordhemisphäre für alle Längen in IV, und in I für gewisse Längen, am Nachmittage größer als am Vormittage; für gewisse Längen in I, am Vormittage größer als am Nachmittage; in II für gewisse Längen am Nachmittage größer als am Vormittage; dagegen in II für gewisse Längen und in III überhaupt für jede Länge am Vormittage größer als am Nachmittage. Für die Breiten der südlichen Hemisphäre ergeben sich analoge Sätze. Auf Flächeneinheiten von der Polhöhe $\varphi \geqq \varepsilon$ ist die solare Strahlung für alle Sonnenlängen, ausgenommen die Längen 90° und 270°, am Vor- und Nachmittage bei gleichem mittlern Stundenwinkel nicht gleich groß. Und zwar erhalten Flächeneinheiten der nördlichen Hemisphäre in IV und I am Nachmittage mehr Wärme zugestrahlt als am Vormittage, die der südlichen Halbkugel umgekehrt am Vormittage mehr als am Nachmittage; in den Quadranten II und III aber erhalten Flächeneinheiten der nördlichen Halbkugel am Vormittage mehr Wärme als am Nachmittage, die der südlichen Halbkugel dagegen am Nachmittage mehr als am Vormittage.

Der tägliche Gang der Temperatur in der äußern Tropenzone ist von J. Hann untersucht worden, der die erhaltenen Ergebnisse der Wiener Akademie vorlegte.[1])

Diese Abhandlung schließt sich nach Inhalt und Form an eine frühere Abhandlung des Verfassers an, die den täglichen Gang der Temperatur in der innern Tropenzone bis zu etwa 15° Nord- und Südbreite zum Gegenstande hatte. In der vorliegenden Arbeit wird die äußere Tropenzone bis zum Wendekreise (mit einigen Überschreitungen dieser Grenze) behandelt, und zwar vorerst nur das amerikanische und afrikanische Tropengebiet. Für das indisch-

---

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1906. Nr. 24.

australische Tropengebiet hofft der Verfasser noch einiges Beobachtungsmaterial zu erhalten, das gegenwärtig noch nicht zugänglich ist.

Die in der vorliegenden Abhandlung bearbeiteten Reihen stündlicher Temperaturaufzeichnungen, welche gestatteten, den täglichen Gang in den einzelnen Monaten darstellen zu können, sind: Habana, Puerto Principe (Cuba), Santiago de Cuba, San Juan (Portorico), Kingston (Jamaika), Bridgetown (Barbados), Port of Spain (Trinidad), Mexico, Rio de Janeiro, Amparo (Sao Paulo), Sao Paulo, Iguape (Sao Paulo), Asuncion (Paraguay), Curityba (Parana), Cordoba und Fisherton (Rosario) in Argentinien, Kairo, Djeddah, Aden, Tananariva Mauritius, Windhuk (Deutsch-Südwestafrika) und Kimberley (Kapland). Von einigen kürzern Reihen werden nur die Jahresmittel des täglichen Temperaturganges mitgeteilt. Die Abhandlung zerfällt in zwei Teile, einen allgemeinen, welcher die Tabellen des täglichen Temperaturganges in Form von Abweichungen der Stundenmittel von dem Tagesmittel enthält, sowie die berechneten Korrektionen der Mittel gewisser Kombinationen von Terminbeobachtungen auf wahre 24 stündige Mittel und die allgemeine Diskussion der Ergebnisse, und einen zweiten spezieller Teile, der auf die einzelnen Stationen kritisch eingeht und Tabellen der periodischen und aperiodischen Amplituden und der Phasenzeiten des täglichen Temperaturganges enthält, in ihrem Zusammenhange mit den Mitteln der Bewölkung, der Dauer des Sonnenscheines, der Regenmenge und Zahl der Regentage.

Der mittlere Eintritt des Temperaturminimums ist an allen Stationen in den Tropen (Berggipfel und Berghänge ausgenommen) sehr nahe der gleiche und fällt auf $5^1/_2{}^h$ morgens rund, an den Küsten wie im Inlande (15 Orte in Österreich [45/50° N] geben dafür 5.7^h vormittags, also ein wenig später).

Der Eintritt des Temperaturmaximums ist natürlich viel mehr verschieden. An den Küsten und an den regenreichen Orten tritt das Maximum meist schon bald nach Mittag ein, besonders in der Nähe des Äquators; an den Inlandstationen und an den trockenen Stationen erst um 2^h oder selbst nach $2^1/_2{}^h$ p. An den westindischen Küstenorten z. B. (sieben an der Zahl) tritt das Temperaturmaximum um 0.70^h, d. i. 42 Minuten nach Mittag ein, etwas landeinwärts auf Kuba aber (Puerto Principe) um 1.6^h p., fast eine Stunde später, in der Stadt Mexico erst um 2.8^h (also fast 3^h p.).

Die Gegensätze zwischen trockenen und nassen Orten in der Nähe des Äquators zeigen folgende Stationen: Kwai, Tosamaganga, San José, Alhajuela, Quito, Bismarckberg gaben 0.5^h p. als Eintrittszeit des Maximums, dagegen Boroma, Timbuktu und Quixeramotim 3.3^h p. (15 Orte in Österreich nach Valentin gaben 2.60^h p.).

Der Eintritt des Tagesmittels der Temperatur verspätet sich mit der Entfernung vom Äquator; 27 Stationen der innern Tropenzone geben 8.43^h a., 20 in der äußern Tropenzone 8.66^h a. (15 Orte in

Österreich 9.45^h a.). Dasselbe zeigt sich in bezug auf den Eintritt des Tagesmaximums am Abende: innere Tropenzone 6.9^h p., äußere 7.6^h p. (15 Orte in Österreich 8.1^h p.).

Der Einfluß der heitern und trüben Tage auf den täglichen Gang und auf die Korrektionen auf wahre Mittel wird gleichfalls behandelt, sowie auch noch andere Verhältnisse.

Die Beeinflussung der Lufttemperatur durch kleine Seen wurde von James L. Bartlett an den Temperaturverhältnissen von Madison untersucht.[1])

Madison (Wisc.) liegt zwischen zwei größern Seen und in der Nähe verschiedener kleinerer, so daß innerhalb eines Radius von 10 *km* ungefähr ein Drittel der Oberfläche Wasser ist. Die Verhältnisse boten Gelegenheit, zu untersuchen, ob ein Einfluß der Seen auf die Lufttemperatur bemerkbar ist. Die Beobachtungen in Madison wurden zu diesem Zwecke mit den von vier andern Stationen verglichen, die ziemlich symmetrisch in Abständen von etwa 80 *km* um Madison liegen, und zwar wurden, nach Anbringung der notwendigen Reduktionen, die Monatswerte der Temperatur, der täglichen Maxima und Minima, sowie der Amplitude untersucht.

Die Mitteltemperaturen Madisons sind Ende des Winters etwa 0.6° zu niedrig, Ende des Sommers bis zu 0.6° zu hoch. Die Seen verzögern also den Temperaturanstieg im Frühlinge und die Abkühlung im Herbste; endlich ist ihr Einfluß auf Verminderung der Nachtfröste auffallend. In Madison tritt der letzte Frühjahrsfrost etwa drei Wochen früher ein als an den umliegenden Stationen. Ferner sind in Madison die monatlichen Temperaturmaxima fast immer zu niedrig, die Minima zu hoch. Im August ist das Minimum 2° höher, die tägliche Amplitude 3.5° niedriger als an den übrigen Stationen. Dies hängt mit dem großen Wasserdampfgehalte der Luft über den alsdann stark erwärmten Seen zusammen. Im Winter sind die Unterschiede sehr gering, da die Seen im Januar und Februar meist mit einer dicken Eisschicht bedeckt sind.

Die Temperaturumkehr in der Höhe zu Pawlowsk. Seit 1904 werden in Pawlowsk, so oft der Wind es gestattet, Drachenaufstiege veranstaltet, um die physischen Zustände der höhern Luftschichten zu erforschen. Über die Temperaturinversionen, welche auf diese Weise 1904 festgestellt wurden, macht Rykatchew Mitteilungen.[2]) Bei 289 Aufstiegen wurden 127 mal solche Inversionen konstatiert, deren Verteilung auf die Monate Maxima im Frühlinge und Herbste, Minima im Sommer und Winter zeigt. Im März fanden die Umkehrungen fast regelmäßig statt. Bezüglich der Höhe der Inversions-

---

1) Monthly Weather Review **33.** p. 147.
2) Meteorolog. Ztschr. Hann-Band 1906. p. 174.

schichten ergab die Zusammenstellung, daß die Inversionsschicht in jeder Jahreszeit am Vormittage höher liegt als am Nachmittage; im Mittel ist sie fast zweimal so groß am Morgen als am Abende. Im Durchschnitte aller Beobachtungen ist die Höhe der Umkehrschicht im Sommer mehr als zweimal so groß als im Winter.

Von 38 abends beobachteten Umkehrungen haben 24 bereits an der Erdoberfläche begonnen, während unter 88 am Morgen beobachteten nur 7 dieser Fälle vorkommen. Dies spricht dafür, daß die meisten Temperaturumkehrungen des Abends von dem täglichen Gange der Temperatur an der Erdoberfläche herrühren, d. h. von ihrer Temperaturabnahme am Abende. Damit stimmt auch die Tatsache, daß von 31 Fällen, in denen die Umkehr bereits am Boden anfing, 24 auf den Abend und 7 auf den Morgen fallen, und unter den erstern 22 Fälle schneller Abkühlung beobachtet sind, in denen das Temperaturmaximum sich in geringer Höhe, im Mittel 153 *m* über der Erde, befand. Unterscheidet man die Abendbeobachtungen zwischen 5 und $7^1/_2{}^h$ und die später ausgeführten, so findet sich das Temperaturmaximum zwischen 5 und $7^1/_2{}^h$ in 122 *m* und in den spätern Stunden in 184 *m* Höhe; die erwärmte Schicht scheint also in dieser Tageszeit in die Höhe zu steigen. Gleichzeitige Beobachtungen, die im August 1905 um 9^h abends in $3^1/_2$ *m* und in 44 *m* an 20 Tagen gemacht sind, haben gleichfalls oben höhere Temperaturen ergeben als unten, nur einmal, und zwar bei bewölktem Himmel am Tage, war es oben 0,2° kälter als unten. Die Inversion um 9^h p. ist somit eine allgemeine Regel, wenigstens für die Tage, wenn der Himmel nicht ganz bedeckt ist.

Von den Inversionen, die nicht am Boden unmittelbar beginnen, hat Rykatchew diejenigen untersucht, welche große und schnelle Änderungen der Temperatur und der Feuchtigkeit aufweisen. Ihre Zahl war 1904 nur gering, weshalb Beobachtungen anderer Jahre zugezogen wurden. Die bedeutenden Inversionen kamen fast ausschließlich während der kalten Jahreszeit vor. Die kalte untere und warme obere Luftschicht waren nicht notwendig durch Wolken getrennt. Die großen Inversionen kamen meist in Antizyklonengebieten vor, und in vielen Fällen konnte festgestellt werden, daß die Inversion von der hohen Temperatur der Gegend herrührt, aus welcher der Wind weht, oder davon, daß der untere Wind aus einer kältern Gegend strömt. Interessant sind besonders die Fälle, in denen starke Inversion am Tage erst in einer größern Höhe angetroffen wird und abends bereits an der Erdoberfläche beginnt; oder auch die, in welchen man die Inversion in die Höhe steigen sieht.

Die periodischen Temperaturschwankungen bei Föhn und ihr Zusammenhang mit stehenden Luftwellen sind von A. Defant untersucht worden.[1])

[1]) Anzeiger der K. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1905. Nr. 11.

In dieser Arbeit werden jene schon von Ficker in der Abhandlung „Innsbrucker Föhnstudien. I“ erwähnten kurzen Temperaturwellen, welche vor Föhndurchbruch oder während der Dauer von Föhnpausen in Innsbruck auftreten, näher untersucht.

Es ergab sich dabei:

1. Sie treten auf, wenn die untern Schichten des Tales mit kalter stagnierender Luft erfüllt sind, während in der Höhe die warme Südströmung herrscht. In den zehn Jahren von 1896 bis 1905, während welcher ein großer Thermograph Richard in Innsbruck funktionierte, kam diese Erscheinung durchschnittlich 13.4 mal im Jahre vor, wobei während eines Falles durchschnittlich 33.4 Wellen auftraten.

2. Bei diesen Temperaturwellen haben je zwei aufeinanderfolgende Temperaturmaxima einen ungleichen Zeitabstand, von drei Minuten bis zu etwa einer Stunde. Ordnet man die Wellen nach diesem Abstande der Maxima in Gruppen, so zeigt sich, daß übereinstimmend in allen zehn Jahren drei bestimmte Perioden bedeutend vorwiegen, 14.0, 24.5, und 41.5 Minuten.

3. Auch auf graphischem Wege läßt sich zeigen, daß die Temperaturwellen durch Superposition dreier Wellen von 14.0, 24.5 und 41.5 Minuten Schwingungsdauer entstehen.

4. Die Temperaturwellen sind jedenfalls auf wellenförmige Bewegungen der Luft im Inntale zurückzuführen.

5. Aus dem Auftreten bestimmter Wellenlängen läßt sich schließen, daß diese wellenförmigen Bewegungen der Luft nicht durch Helmholtzsche Luftwogen entstehen (dann müßte ihre Wellenlänge variabel sein), sondern durch stehende Luftwellen: eine Grundschwingung mit ihren Obertönen. Es gibt somit ein Analogon zu den Seiches, welche insbesondere Forel am Genfer See beobachtet hat, auch in den Kaltluftseen der Alpentäler.

6. Die Temperaturschwankungen in Innsbruck sind vermutlich auf Seiches der kalten Luftschichten im Unterinntale zurückzuführen, und sie entstehen wahrscheinlich so, daß bei dem periodischen Auf- und Abschwanken der kalten Luft und dem damit verbundenen periodischen Wechsel im Druckgefälle längs des Talbodens das eine Mal die warme Föhnströmung, das andere Mal die kalte Talluft die Oberhand bekommt.

Luftdruck.

Grundzüge einer Theorie der synoptischen Luftdruckveränderungen veröffentlicht Dr. Felix M. Exner.[1]) Er geht dabei von der (sehr bestreitbaren) Ansicht aus, daß die Veränderung der Luftdruckverteilung zu einem bestimmten Zeitpunkte und an einem bestimmten

[1]) Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse 1906. 115. Abt. IIa.

Orte ganz oder wesentlich von der nächsten Umgebung desselben abhängig ist. Daher erscheine es wahrscheinlich, daß ein Studium der Luftdruckveränderungen innerhalb sehr kurzer Zeitintervalle zur Kenntnis der Gesetze führe, nach welchen sie geschehen, nicht aber ein solches für längere Zeiträume, wie z. B. einen Tag. Die synoptischen Wetterkarten werden aber nur für alle 12 oder 24 Stunden gezeichnet und sind daher zu solchem Studium meist nicht geeignet. Die Faktoren von Einfluß: Luftdruck, Temperatur und Wind (von Feuchtigkeit abgesehen), verändern sich zu einem Zeitpunkte aus der eben vorliegenden Situation heraus und verändern bis zum nächsten Zeitpunkte diese Situation selbst; aus der so veränderten Situation wachsen wieder neue Veränderungen heraus usw., so daß am Ende eines längern Zeitraumes die Verteilung von Druck, Temperatur und Wind gar keine Ähnlichkeit mehr mit jener zu Anfang zu haben braucht, ja ins Gegenteil verkehrt sein kann. Es handelt sich mit einem Worte um eine Integration, deren Resultat sich vom Anfangszustande aus gar nicht übersehen läßt; und auch die Gesetze der Veränderungen können aus dem Integralwerte nicht entnommen werden.

Am „Weather Bureau" in Washington wurden für einige Jahre die Aufzeichnungen selbstregistrierender Apparate von einer großen Zahl über die Vereinigten Staaten verteilter meteorologischer Beobachtungsstationen reduziert. Während eines Aufenthaltes in Washington im Juli 1904 hatte Verfasser Gelegenheit, dieses Material kennen zu lernen und dasselbe zu benutzen. Das Areal, über welches die Vereinigten Staaten ihre Beobachtungsstationen ausgestreut haben, ist viel größer als Europa, die Beobachtungen sind durch ihre Gleichzeitigkeit (alle nach der Zeit des 75. Meridans westl. Länge angestellt) und die Gleichartigkeit der Apparate viel verwendbarer als die europäischen, so daß es viel versprach, mittels der erwähnten Registrierungen Wetterkarten für kurze Zeitintervalle zu dem obengenannten Zwecke zu zeichnen.

Die in Betracht kommenden Stationen sind alle mit Barograph, Thermograph und Anemograph ausgestattet, die reduzierten Werte von Druck, Temperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit sind für jede Stunde gegeben. Dr. Exner schrieb diese registrierten Elemente eines ganzen Monates, des Januar 1895, für jede vierte Stunde aus, und zwar für 44 Stationen, die über die Vereinigten Staaten verteilt sind. Die Stunden waren 4^h a., 8^h a., 12^h m., 4^h p., 8^h p., 12^h p. Er fand aber während der Bearbeitung dieses Materiales, daß es vorteilhafter gewesen wäre, noch kürzere Intervalle zu nehmen, etwa zweistündige.

Das Material wurde übrigens noch durch Beobachtungen an vier kanadischen Stationen erweitert.

Um den Zusammenhang zwischen Luftdruck, Temperatur und Wind zu studieren, zeichnete Verfasser synoptische Karten für

Luftdruck und Temperatur; zur Reduktion der letztern aufs Meeresniveau wurde durchweg eine Temperaturabnahme von 0,5° pro Hektometer benutzt. Dieser Vorgang gab nur für die Station Denver mitunter unwahrscheinliche Werte; es scheint daselbst Föhn aufzutreten. Nebst den Karten für Druck und Temperatur konstruierte er noch solche für die Winde, und zwar für die Stärke der West- und Nordkomponente. Hierzu mußten die beobachteten Intensitäten in ihre Komponenten zerlegt werden. Es ließen sich mit diesen allerdings auf einer Karte Linien gleicher Stärke der West-, bzw. Nordkomponente ziehen, doch war der Verlauf derselben oft recht kompliziert, offenbar infolge des Einflusses der Erdoberfläche, und sie wurden daher in dieser Untersuchung nicht verwendet.

Weiter schien es vorteilhaft, den Einfluß der täglichen Erwärmung der Atmosphäre durch die Sonne, soweit dies möglich, zu eliminieren. Zu dem Zwecke wurden aus den Beobachtungen von Luftdruck und Temperatur für den ganzen Monat die Monatsmittel für die Termine gebildet, aus ihnen der tägliche Gang abgeleitet und die Einzelwerte mit dem Betrage desselben korrigiert. Dies wurde bei den Windbeobachtungen wegen des geringen täglichen Ganges unterlassen. Beim Luftdrucke war der Einfluß auch nicht groß: mehrere Hundertstel englischer Zoll, betrug aber bei der Temperatur mehrere Grade; er konnte jedoch niemals ganz eliminiert werden, da die Mittel gemeinsam aus heitern und trüben Tagen entnommen werden mußten, und folglich die heitern Tage wohl zu wenig, die trüben zu stark korrigiert worden sind. Registrierungen der Bewölkung fehlten.

Erst mittels dieser Werte, aus denen der tägliche Gang möglichst eliminiert war, wurden nun synoptische Druck- und Temperaturkarten für jede vierte Stunde gezeichnet.

„Es ist," bemerkt Dr. Exner, „nichts Neues, daß bei nördlichen Luftströmungen und abnehmender Temperatur auf der nördlichen Halbkugel der Luftdruck steigt wie an der Rückseite von Depressionen, hingegen bei südlichen Strömungen und zunehmender Temperatur der Luftdruck sinkt wie an der Vorderseite derselben; daß durch diese ungleichen Temperaturänderungen die Bewegung der Depressionen in wesentlich westöstlicher Richtung entsteht, liegt sehr nahe. Derselbe Gedanke läßt sich auf die Hochdruckgebiete anwenden, bei welchen an der Vorderseite der nördliche Wind das Barometer zum Steigen, auf der Rückseite der südliche dasselbe zum Fallen bringt, und hierdurch ebenfalls eine scheinbare Verschiebung des ganzen Hochdruckgebietes nach Osten hervorgerufen wird. Auch sind plötzliche Luftdrucksteigerungen, sogenannte Druckstufen, durch das Eindringen kalter Luftmassen unter wärmere erklärt worden. Doch liegt kein abschließendes Urteil darüber vor, ob jene einfachen Annahmen quantitativ richtige, d. h. durch die Beobachtung bestätigte Resultate ergeben. Auch genügt es in keiner

Weise, stets die Bewegung der Depressionen und Maxima zu verfolgen, deren Rolle für die Witterung meist sehr überschätzt wird, sondern es ist notwendig, die Bewegung der übrigen Isobarenformen, aller der unzählig vielen Zwischentypen, zu kennen oder doch die Gesetze zu bestimmen, nach welchen sie geschehen."

In der obigen Arbeit hat Exner nun versucht, diese Gesetzmäßigkeiten aufzustellen und an der Hand des amerikanischen Beobachtungsmateriales zu prüfen. Dieselben praktisch auszuwerten, bleibt eine weitere Aufgabe. Doch wird der Weg angedeutet, auf welchem man sich vielleicht der Lösung nähern dürfte.

Die Voraussetzungen für die mathematische Behandlung des Problems mußten natürlich sehr einfach angenommen werden, auch wurde die Vorstellung festgehalten, daß über einem Teile der Erdoberfläche eine Fläche gleichen Luftdruckes p_1 die Luft in eine obere und untere Schicht trennt, von welchen die untere der Sitz der atmosphärischen Störungen ist, wie sie die synoptischen Karten zeigen, die obere aber durch dieselben nicht wesentlich berührt wird, sondern in einem ziemlich stationären Zustande sich befindet und nur langsamen Änderungen nach dem Wechsel der Jahreszeiten unterliegt. Der Druck p_1 ist nach dieser Definition als unabhängig von Zeit und Ort anzusehen, während die Höhe H, in der die unperiodischen Schwankungen des Luftdruckes erscheinen, für kurze Zeiträume konstant, aber eine Funktion des Ortes ist, über welchem die Luftsäule steht. Für H findet Dr. Exner den genäherten mittlern Wert von 3.56 *km*.

Die Voraussetzungen für die Bewegung der Luftschichten von der Höhe H, die in der Untersuchung benutzt werden, sind: 1. adiabatische Bewegung (hierzu wurde der tägliche Gang eliminiert), 2. gleichgerichtete Bewegung in allen Schichten einer Luftsäule bis zur Höhe H, 3. Abwesenheit von Reibungskräften, 4. Vernachlässigung der horizontalen Beschleunigung, 5. die Erdoberfläche als Ebene angenommen. 6. keine vertikale Bewegung.

Die mathematische Behandlung führt nun den Verfasser zur Aufstellung einer Differentialgleichung für die Veränderung des Luftdruckes mit der Zeit, die, wenn sie allgemein gültig wäre, das Problem lösen würde. Allein dies ist nicht der Fall, auch kann sie nur für gewisse einfache Fälle praktisch ausgewertet werden. Verf. behandelt einige solcher Fälle, doch muß dieserhalb auf das Original verwiesen werden. An eine praktische Ausnutzung ist übrigens nicht zu denken.

Die Luftdruckschwankungen und deren Beziehungen zu der Temperatur der obern Luftschichten sind von Nils Ekholm untersucht worden.[1]) Diese Untersuchungen beziehen sich auf die einfachen

[1]) Meteorolog. Ztschr., Hann-Band 1906. p. 228.

Schwankungen, die am Barographen als Wellen zum Vorscheine kommen, wobei das Intervall zwischen zwei einander folgenden Maximis oder Minimis als einfache Schwankung bezeichnet wird. Für Nordwesteuropa dürfen die Zeitintervalle zwölf Stunden nicht überschreiten, weil in diesen Gegenden die Schwankungen oft so schnell verlaufen, daß selbst diese Intervalle zu groß sind.

Die synoptische Darstellung der halbtäglichen Luftdruckänderungen zeigt, daß die barometrischen Steigungs- und Fallgebiete in den Karten als runde oder längliche Gebilde hervortreten, welche meistens regelmäßig fortschreiten und dabei sich gewöhnlich entweder verstärken (erhöhen, bzw. vertiefen) oder abschwächen (abflachen). Diese Gebilde werden von Linien gleicher barometrischer Schwankung begrenzt, die Ekholm nach einem Vorschlage von Dr. M. Jansson „Isallobaren" nennt. Demnach kann ein barometrisches Steigungsgebiet auch ein isallobarisches Maximum und ein barometrisches Fallgebiet auch ein isallobarisches Minimum genannt werden. Das erstere zeigt eine große Analogie mit einem Barometermaximum oder einer Antizyklone, das letztere mit einem Barometerminimum oder einer Zyklone.

Für die barometrischen Steigungsgebiete und Fallgebiete fand Ekholm folgende empirische Gesetze.

Die beiden Gebiete begleiten sich einander gewöhnlich und wandern nacheinander in nahezu denselben Zugstraßen. Diese sind meistens von den Zugstraßen der Antizyklonen und Zyklonen verschieden, und die Geschwindigkeit der Steigungs- und Fallgebiete ist meistens viel größer als diejenige der Antizyklonen und Zyklonen. Zu demselben Resultate gelangte auch Whipple, indem er die mittlere Translationsgeschwindigkeit der Barometerschwankung gleich 85 *km* pro Stunde findet.

Wenn ein Fallgebiet stark ausgeprägt ist, erzeugt es eine Zyklone, welche während eines Tages oder vielleicht einiger Tage das Fallgebiet begleitet. Die Bahn der Zyklone liegt dann gewöhnlich etwas links von der Bahn des Fallgebietes. Dies ist die Regel, wenn die Bahn von Westen nach Osten geht und der allgemeine Gradient nach Norden gerichtet ist, also der Luftdruck in Südeuropa hoch, in Nordeuropa tief ist. Diese Erscheinung erklärt sich leicht durch eine rein geometrische Konstruktion.

Eine solche Zyklone nennt Ekholm eine bewegliche Zyklone, eine Benennung, die ihr nur so lange zukommt, als sie dem Fallgebiete folgt. Es findet sich, daß ein Fallgebiet meistens um eine stationäre Antizyklone im Sinne des Uhrzeigers oder mit der Sonne sich zu bewegen strebt, dagegen um eine stationäre Zyklone gegen die Sonne. Folglich gilt die obige Regel ziemlich allgemein, daß das Zentrum der vom Fallgebiete erzeugten und mitgeschleppten Zyklone links vom Fallzentrum liegt.

Die bewegliche Zyklone ist als eine sekundäre und zufällige Erscheinung zu betrachten, indem ihre Entstehung oder Nichtentstehung nur von der Tiefe des Fallgebietes und der frühern Verteilung des Luftdruckes abhängt.

Ein Fallgebiet ist meist von einem Steigungsgebiete begleitet. Dann bilden die Isobaren eine nordwärts gerichtete, keilförmige Ausbuchtung oder bei flachem Steigungsgebiete nur einen Keil mit einer kleinen Antizyklone in der Mitte. So entstehende bewegliche Antizyklonen sind aber in Nordwesteuropa ziemlich selten, weil die Steigungsgebiete meistens so flach sind, daß nur keilförmige Isobaren sich entwickeln können. In Nordamerika und Australien dagegen sollen diese Antizyklonen häufig vorkommen.

Das Fallgebiet pflegt sich bei seiner Bewegung entweder zu vertiefen oder zu verflachen. Diese Intensitätsschwankungen verlaufen wahrscheinlich in unregelmäßigen Perioden. Das Fallgebiet kann nur dann eine Zyklone erzeugen, wenn seine Tiefe eine gewisse Grenze, die von der frühern Druckverteilung im Isobarenfelde abhängt, überschreitet. Sobald das Fallgebiet sich abzuflachen beginnt, kann es keine Zyklone mehr erzeugen. Wird die Zyklone nicht durch ein nachfolgendes Steigungsgebiet bald ausgefüllt, so bleibt sie nahezu unbeweglich liegen, während das abgeschwächte Fallgebiet mit fast unveränderlicher Geschwindigkeit seinen Weg fortsetzt und sich immer mehr von der Zyklone entfernt. In solchen stationären Zyklonen hören die starken Winde mit dem Wegziehen des Fallgebietes gewöhnlich auf, dagegen sind Niederschlag und Nebel recht häufig. Die stationäre Zyklone hat noch die bemerkenswerte Eigenschaft, als Aktionszentrum auf herannahende Fallgebiete zu wirken, die teils angezogen, teils gegen die Sonne um die stationäre Zone getrieben werden. Auch herannahende Steigungsgebiete haben das Bestreben, eine stationäre Zyklone gegen die Sonne zu umkreisen und dieselbe ganz oder teilweise auszufüllen.

Die Intensitätsschwankungen in einem Steigungsgebiete scheinen einen ähnlichen, aber weniger ausgeprägten Verlauf wie die im Fallgebiete zu haben. Auch die stationäre Antizyklone, welche bei abgeflachtem und fortziehendem Steigungsgebiete liegen geblieben ist, wirkt auf herannahende Fall- und Steigungsgebiete als Aktionszentrum, wobei jene die stationäre Antizyklone mit der Sonne zu umkreisen suchen.

Die vorstehend besprochenen Zyklonen und Antizyklonen haben eine große Ähnlichkeit mit den von Teisserenc de Bort und anderen Meteorologen studierten großen Aktionszentren, die jedoch durch die großen allgemeinen Temperaturunterschiede zwischen Äquator und Pol, zwischen Meeren und Kontinenten entstehen, während die hier besprochenen stationären Zyklonen und Antizyklonen wohl zufälligern und lokalern Temperaturunterschieden ihre Entstehung verdanken.

Diese stationären Wirbel sind natürlich nicht ganz unbeweglich und unveränderlich, denn durch die Einwirkung der sie umkreisenden und zum Teile überlagernden Fall- und Steigungsgebiete verändern sie langsam ihre Gestalt und verschieben sich allmählich meistens nach Osten.

Es wurde bemerkt, wie unter gewissen Umständen ein Fallgebiet eine bewegliche Zyklone und ein Steigungsgebiet eine bewegliche Antizyklone als Folgeerscheinungen erzeugt und mit sich führt. Damit aber eine solche Zyklone dieselbe runde und regelmäßige Form wie das erzeugende Fallgebiet beibehält, ist es überdies nötig, daß die von dem Fallgebiete bewirkte Aushöhlung des Isobarenfeldes regelmäßig von einem nachkommenden Steigungsgebiete wieder gefüllt wird. Dieses Steigungsgebiet muß eine mit dem Fallgebiete kongruente, aber umgekehrte Figur haben, damit es die Aushöhlung genau ausfüllen kann. Da eine solche Regelmäßigkeit fast niemals vorkommt, wechselt die Form und Tiefe der beweglichen Zyklone nahezu beständig, auch wenn das erzeugende Fallgebiet während einiger Zeit seine Gestalt beibehält. Ist das nachfolgende Steigungsgebiet flacher als das vorangehende Fallgebiet, so höhlt das letztere eine Furche im Isobarenfelde aus, welche nachher nur teilweise oder gar nicht gefüllt wird. In diesem Falle dehnt sich die bewegliche Zyklone immer mehr aus, und der hintere Teil bildet allmählich eine langgestreckte stationäre Zyklone. Auch die Geschwindigkeit des Steigungsgebietes kann von derjenigen des Fallgebietes verschieden sein, und dadurch entstehen neue Komplikationen.

Ebenso sieht man ein, daß ein Steigungsgebiet nur dann eine regelmäßige bewegliche Antizyklone erzeugen kann, wenn die vom Steigungsgebiete bewirkte Erhöhung des Isobarenfeldes von einem nachkommenden Fallgebiete wieder regelmäßig weggeschnitten wird. Auch solche Fälle sind natürlich außerordentlich selten. Denn es ist tatsächlich die Form und Größe des Fallgebietes fast immer von derjenigen des Steigungsgebietes verschieden, wodurch auch eine Unendlichkeit von Variationen der erzeugten beweglichen Antizyklone entsteht.

Ebenso mannigfaltig sind, wie wir gesehen haben, die Ursachen, welche die stationären Zyklonen und Antizyklonen beeinflussen und abändern. Aus alledem wird man einsehen, wie unzweckmäßig es ist, die Zyklonen und Antizyklonen als angenähert unveränderliche Wirbel zu betrachten und die Prognose aus ihren Ortsveränderungen ableiten zu wollen. In der Tat ist das Isobarenfeld an der Meeresoberfläche in jedem Punkte von einer zahllosen Menge verschiedener Einwirkungen beeinflußt, die aus allen möglichen Höhen in der Atmosphäre herrühren, und selbst wenn diese Einwirkungen uns bekannt wären, würde die Lösung der verwickelten Aufgabe, die Veränderungen dieses Isobarenfeldes zu bestimmen, mit unbesiegbaren Schwierigkeiten verbunden sein. Tatsächlich entstehen, ver-

ändern sich und verschwinden die Zyklonen und Antizyklonen in der launenhaftesten Weise, so daß es ganz unmöglich ist, sie durch Betrachtung der sukzessiven synoptischen Karten vorauszusehen. Nur die mächtige Analyse, welche die Differenz- oder Differentialmethode gewährt, kann die Lösung dieser schwierigen, aber hochwichtigen Aufgabe ermöglichen. Gegenwärtig steht jedoch der Mangel an systematischen und vollständigen Beobachtungen dem einsamen Forscher wie ein unbesiegbares Hindernis im Wege. Nur internationale Vereinbarung kann hier die nötigen Hilfsmittel verschaffen."

Ekholm gibt nun eine kritische Übersicht der wichtigsten Theorien und Tatsachen betreffend Zyklonen, Antizyklonen und Luftdruckschwankungen. „Bei den ersten Untersuchungen über die Zyklonen und Antizyklonen von Ferrel, Mohn und Clement Ley wurde ohne Bedenken die einfache Annahme gemacht, daß die Luft der Zyklone wärmer und feuchter, folglich auch leichter sei als ihre Umgebung und deshalb in die Höhe steige, wogegen die Luft der Antizyklone kälter und trockener, folglich auch schwerer als ihre Umgebung sei und deshalb niedersinke. Durch diese Umstände wurde auch der niedrige Druck an der Meeresoberfläche in der Zyklone, sowie der hohe in der Antizyklone erklärt.

Dabei betrachtete Ferrel die höhere Temperatur des Zyklonenkernes als die eigentliche Bewegungsursache. Der Wasserdampf aber wirke dadurch, daß er die adiabatische Abkühlung der hinaufsteigenden Luft so viel verzögerte, daß diese Luft bis zu großen Höhen wärmer als die Umgebung bleibt. Die Antizyklone ist nach Ferrel eine durch den Einfluß der Zyklonen entstandene sekundäre Bildung. Dieser Einfluß sei entweder direkt infolge der Luftzirkulation, oder auch nur indirekt, indem die Ausstrahlung auf der Rückseite der Zyklone die für die Antizyklone nötige Abkühlung hervorruft.

Mohn führt folgende Ursachen an, wodurch der Luftdruck vermindert wird: Wärme, Feuchtigkeit, Aufwärtsbewegung der Luft, Kondensation des Wasserdampfes und Niederschlag, horizontale Bewegung der Luft; alle diese Umstände tragen zur Hervorbringung des tiefen Luftdruckes in der Zyklone bei. Dagegen steigt nach Mohn der Luftdruck aus folgenden Ursachen: Durch Abkühlung der untersten Luftschichten, durch herabsinkende Bewegung der Luft, und dadurch, daß zu einer Zyklone mehr Luft von außen zuströmt, als von dem Innern der Zyklone hinwegströmt. Die Antizyklonen entstehen durch Wechselwirkung mit den Zyklonen, indem die Zyklone und Antizyklone zusammen einen Kreislauf bilden.

Ley, der nur die Zyklonen behandelt hat, betrachtete einen ausgedehnten Niederschlag als die eigentliche Ursache der Zyklonenbildung.

Was weiter die Bewegung der fraglichen Luftwirbel anbetrifft, so suchte Ferrel die Ursache derselben hauptsächlich in den großen

allgemeinen Luftströmungen, welche die Wirbel mitschleppen, wogegen nach Ferrel die Einwirkung der Asymmetrie der zuströmenden Luft, welche an der Ostseite, (Vorderseite) der Zyklonen warm und feucht, an der Westseite (Rückseite) kalt und trocken ist, weniger in Betracht kommt. Nach Mohn ist dagegen der letztgenannte Umstand die eigentliche Ursache der Zyklonenbewegung. Ley erklärt auch die Zyklonenbewegung aus dem Niederschlage, indem er annimmt, daß die Zyklone sich gegen die Seite hin bewegt, wo die größte Niederschlagsmenge fällt.

Diese Ansichten wurden von den drei Forschern in klassischen Werken dargestellt und teils durch die beobachteten Tatsachen, teils durch theoretische Entwicklungen begründet. Aber dessenungeachtet haben bekanntlich dieselben sich nicht halten können. Es ist vor allem J. Hann, der durch ein gründlicheres und allseitigeres Studium der beobachteten Tatsachen erwiesen hat, daß weder der Niederschlag und die Feuchtigkeit, noch die Temperaturunterschiede d e Luftzirkulation der Zyklonen und Antizyklonen erklären können. In der Tat kommt es vor, daß ein ergiebiger Niederschlag über weiten Strecken stattfindet, ohne daß eine Zyklone entsteht, und ohne daß selbst eine nennenswerte Änderung des Luftdruckes eintritt. Anderseits kommt es vor, daß Zyklonen mit großen Luftdruckschwankungen ohne erheblichen Niederschlag auftreten. Der Niederschlag ist zwar meistens eine Folgeerscheinung der Zyklone, aber keinesfalls die Ursache derselben.

Was weiter die Temperatur anbetrifft, so zeigte Hann aus einer Vergleichung der Beobachtungen an den Gebirgs- und Niederungs- oder Talstationen, daß die mittlere Temperatur der Antizyklone, außer in der Nähe der Erdoberfläche, entschieden höher ist als diejenige der Zyklone. Später haben er und andere Forscher aus den bei Ballonfahrten und Drachenaufstiegen gemachten Beobachtungen dargelegt, daß die Antizyklone bis zu einer Höhe von 5 bis 9 *km* wärmer ist als die Zyklone.

Anderseits bleiben die amerikanischen Meteorologen bei der alten Theorie stehen und behaupten, daß wenigstens in Nordamerika die Zyklonen der Regel nach wärmer sind als die Antizyklonen. Über diese Streitfrage hat Clayton eine Abhandlung geschrieben. Dabei gerät er aber in einen seltsamen Widerspruch, indem das Resultat auch mit Benutzung desselben Beobachtungsmateriales verschieden ausfällt, je nachdem die mittlere Temperatur einer großen Anzahl Zyklonen und Antizyklonen berechnet wird (was die von Hann benutzte Methode ist), oder die Temperaturschwankung der obern Luftschichten während des Vorüberziehens der einzelnen Zyklonen über dem Beobachtungsorte untersucht wird (was die von Clayton benutzte Methode ist). Indessen hat sich Clayton hier getäuscht, denn, was er Zyklonen und Antizyklonen nennt, sind (wenigstens in den Fällen, wo mir Wetterkarten zugänglich waren,

um nachsehen zu können, ob Zyklonen und Antizyklonen über den Beobachtungsort hinwegzogen) gar keine solche Wirbel, sondern nur Luftdruckschwankungen."

Dr. M. Jansson hat aus den zu Hald gemachten Beobachtungen gefunden, daß das Barometer fällt, wenn die Temperatur der obern Luftschichten steigt, und umgekehrt. „Es ist aber eine so seltene Erscheinung, daß die Fallgebiete oder Steigungsgebiete sich innerhalb des Umfanges der synoptischen Karte, geschweige denn, daß sie sich in der Nähe eines aeronautischen Observatoriums entwickeln, daß es gegenwärtig unmöglich ist, die Ursache ihrer primären Entstehung zu erklären.

Dagegen wandern diese Gebiete täglich über die synoptischen Karten, wobei es den Anschein hat, als ob diese Wanderung eine wesentliche Bedingung für ihre Erhaltung sei. Offenbar schöpfen sie dadurch die für das Fortbestehen nötige Energie. Das Wahrscheinliche ist, daß diese Energie mittels zweier, nahezu entgegengesetzter, angenähert horizontaler Luftströmungen erzeugt wird, wovon die eine, welche zu dem Fallgebiete strömt und dort sich staut und umherwirbelt, warm, und die andere, welche zu dem Steigungsgebiete strömt und dort sich staut und umherwirbelt, kalt ist. Durch die erstere fällt das Barometer, und durch die zweite steigt es. Besonders wenn das Fallgebiet langgestreckt ist und eine nordsüdliche Richtung hat, erinnert es an die Dovesche Äquatorialströmung; ebenso hat das Steigungsgebiet, wenn es in der gleichen Weise gestaltet ist, eine auffallende Ähnlichkeit mit einem Doveschen Polarstrome. Jedoch erstreckt sich offenbar der Luftaustausch nicht so weit, als es nach der Doveschen Theorie sein sollte, aber es scheint, daß der südliche Strom sich nicht selten so weit wie vom Mittelmeere bis zum Eismeere und der nördliche Strom so weit wie vom Eismeere bis zum Mittelmeere erstrecken kann. Die beiden Strömungen werden offenbar von einem Wirbel zyklonischer Art angezogen, und das Zentrum dieser Wirbel verschiebt sich sehr schnell gegen die warme Luft hin, wo das Barometer fällt. Wegen der schnellen Bewegung wird der Wirbel eine große Asymmetrie zeigen, und die Erdrotation wird nicht die nötige Zeit haben, um diese Asymmetrie auszugleichen, ehe die Wirbelbildung um ein neues Zentrum herum beginnt. Wenn der Barometerfall hinlänglich stark ist, um die Luft in der Nähe der Erdoberfläche in Bewegung zu setzen, und folglich eine bewegliche Zyklone erzeugt wird, findet die untere Luftströmung wahrscheinlich in der von W. N. Shaw beschriebenen Weise statt. In den obern Luftschichten ist natürlich die Zuströmung und die Wegströmung viel schneller und größer an Umfang, die Asymmetrie des Wirbels ist aber wahrscheinlich noch größer. Die Ursache des Barometerfalles einerseits und des Barometersteigens anderseits liegt also in der schnellen Zuströmung warmer und kalter Luft, und eben dieselbe

Ursache erklärt die Ortsveränderung des Systems. Wir erklären also diese in derselben Weise, wie Mohn die Bewegung der Zyklonen.

Hiermit stimmen die beobachteten Tatsachen aufs beste überein. Denn die gewöhnlichste Bewegung der Fallgebiete und der Steigungsgebiete geht von Westen nach Osten. In diesem Falle aber wird die warme Luft in den östlichen Teilen der Depression von Süden und die kalte Luft in den westlichen Teil von Norden einströmen. Da weiter die Luft einer stationären Antizyklone wärmer als die Umgebung ist, wird diese Luft, sobald sie von der Depression angesogen wird, das Barometer zum Fallen bringen, und deswegen wird die Depression und folglich auch das Fallgebiet und das Steigungsgebiet die Tendenz haben, die Antizyklone im Sinne des Uhrzeigers zu umkreisen.

Ebenso ergibt sich aus der Tatsache, daß die Luft einer stationären Zyklone kalt ist, die Tendenz der Depression, dieselbe gegen die Uhrzeigerbewegung zu umlaufen.

Aber überall da, wo die Temperaturdifferenz, die von der geographischen Lage, besonders in nordsüdlicher Richtung, abhängt, größer ist als die von den stationären Zyklonen und Antizyklonen hervorgerufene, wird die Bewegung der Depression von der erstern Temperaturdifferenz bestimmt werden. So z. B. lag vom 11. bis 16. November 1905 eine stationäre Antizyklone über dem skandinavischen, finnischen und russischen Lappland zwischen dem Atlantischen Ozeane und dem Weißen Meere, während der Luftdruck in Süd- und Zentraleuropa tief war. Dessenungeachtet wanderten mehrere Fallgebiete von den Britischen Inseln durch Frankreich und Deutschland nach den russischen Ostseeprovinzen und Finnland. Diese Fallgebiete höhlten eine große Furche im Isobarenfelde von Frankreich bis Rußland aus, und zwar weil die Steigungsgebiete schwach entwickelt waren oder ganz fehlten. Dies erklärt sich daraus, daß die Luft an der Rückseite der Fallgebiete aus Norden und Nordwesten vom Atlantischen Ozeane kam und folglich relativ warm war. In diesem Falle lag das Zentrum oder die Zentrallinie der langgestreckten Zyklone, die von den Fallgebieten erzeugt wurde, ausnahmsweise rechts von den Fallzentren. Solche Ausnahmen findet man überall, wo die Temperaturverteilung in den obern Luftschichten aller Wahrscheinlichkeit nach eine solche ist, daß die Temperaturunterschiede zwischen den stationären Zyklonen und Antizyklonen den geographischen Temperaturunterschieden gegenüber zurücktreten."

„Wenn die Erklärung der Luftdruckschwankungen richtig ist, nämlich, daß dieselben von angenähert horizontalen Luftströmungen verursacht werden, welche teils warme, teils kalte Luft aus entfernten Orten zuführen, so ergibt sich unmittelbar, daß kein ausgeprägter Zusammenhang zwischen diesen Schwankungen und der Niederschlagsmenge bestehen kann, denn die Luftströmungen können bald

feucht, bald trocken und jedenfalls nur dann eine Quelle des Niederschlages sein, wenn sie in die Höhe steigen. Zwar muß ja die warme Luft eine Tendenz haben, in die Höhe zu steigen, aber das Fallgebiet verschiebt sich, besonders bei den großen Luftdruckschwankungen, meistens so schnell, daß oft nicht Zeit für die Kondensation übrig bleibt. Wenn aber schwache Fallgebiete eine stationäre Zyklone umkreisen und in dieselbe eindringen, dann haben die warmen Luftmassen Zeit, allmählich in die Höhe zu steigen, und dann treten gewöhnlich starke Regenfälle ein. Es sind dies nichts anderes als die sogenannten partiellen oder sekundären Depressionen. Wenn man aber auch die Isallobaren in Betracht zieht, wird diese Erscheinung viel anschaulicher.

Es fragt sich nun, wie die stationären Zyklonen mit kalter Luft und die stationären Antizyklonen mit warmer Luft ihre Bewegung beibehalten können. Dies erklärt sich sowohl aus den beobachteten Tatsachen, als auch aus der Theorie folgendermaßen.

Sobald ein Fallgebiet eine bewegliche Zyklone erzeugt hat, empfängt diese durch die Zuströmung von warmer und kalter Luft zuerst eine große potentielle Energie, welche sich allmählich zum Teile in Bewegungsenergie verwandelt. Die Zuströmung der warmen Luft ist die anfängliche Ursache des Barometerfalles in der Zyklone, und die dadurch verursachte Rotation der Luftmassen unter dem Einflusse der Erdrotation vermehrt den Barometerfall bedeutend. Anfangs haben diese Luftmassen eine relativ hohe Temperatur; sobald aber die Zyklone stationär geworden ist, kühlen sich dieselben durch Emporsteigen und wohl auch durch Ausstrahlung in der Wolkenschicht allmählich ab, so daß der Zyklonenkern bald kälter als seine Umgebung wird. Aber die Bewegungsenergie erhält die Zirkulation, indem fortwährend diese Energie verbraucht wird, um die Luft gegen die Schwerkraft zu heben und durch adiabatische Ausdehnung abzukühlen. Somit ist die stationäre Zyklone als eine Maschine zu betrachten, welche Kälte auf Kosten mechanischer Arbeit erzeugt. Sobald die Bewegungsenergie verbraucht ist, bleibt die Maschine stehen. Wenn aber, ehe dieser Endzustand eingetreten ist, ein Fallgebiet in den Bereich der Zyklone eingedrungen ist, wird dieselbe von der aufs neue zugeführten warmen Luft belebt und setzt ihre Bewegung noch eine Weile fort. Da, wie wir oben bemerkt haben, solche Fallgebiete, welche eine stationäre Zyklone umkreisen und in dieselbe eindringen, eine gewöhnliche Erscheinung sind, sieht man ein, daß die Zirkulation dieser Zyklone oft lange dauern kann.

Ebenso kann eine durch ein Steigungsgebiet erzeugte stationäre Antizyklone als eine Maschine aufgefaßt werden, in welcher die Luft auf Kosten der Bewegungsenergie durch adiabatische Kompression erwärmt wird. Dieselbe kann durch eindringende Steigungsgebiete oder durch Ausstrahlung von Wärme mit kalter Luft ernährt werden und dadurch unter Umständen lange Zeit fortbestehen.

Was aber die großen stationären Antizyklonen anbetrifft, so werden dieselben offenbar von der Energie der allgemeinen Luftströmungen der Erde ernährt, welche aus den großen Temperaturunterschieden zwischen Äquator und Pol oder zwischen Meeren und Kontinenten entstehen, und dieselben werden folglich nicht merklich von den relativ kleinen Fall- und Steigungsgebieten beeinflußt, was auch erfahrungsmäßig bestätigt wird."

Luftzirkulation, Wind und Sturm.

Die Zirkulation der obern Schichten der Atmosphäre behandelt Hildebrand Hildebrandsson.[1]) Über dem Wärmeäquator der Erde existiert während des ganzen Jahres eine östliche Luftströmung. Dies wurde u. a. bewiesen durch die Erscheinungen bei der Eruption des Krakatau 1883, als die vulkanische Asche, die bis in die höchsten Luftregionen emporgeschleudert wurde, dort in 12 bis 13 Tagen die ganze Erde von Ost nach West umkreiste, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von 37 *m* in der Sekunde. Oberhalb der Region des Passats existiert ein Antipassat, doch überschreitet er nicht die Polargrenze des Passats und wird mehr und mehr nach rechts auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Hemisphäre abgelenkt, um endlich ein Westwind über dem Scheitel des barometrischen Maximums der Tropen zu werden, der dort herabsteigt und den Passat nährt. Die Regionen an der äquatorialen Seite des Passats treten je nach der Jahreszeit in den Passat und in die äquatoriale Kalmenzone ein, über ihnen muß folglich ein oberer Monsun wehen: der Antipassat im Winter und der äquatoriale Ostwind im Sommer. Die Luft der gemäßigten Zonen wird fortgezogen in einen großen Polarwirbel, der sich von West nach Ost dreht. Die untern Luftschichten nähern sich dem Zentrum desselben, die obern entfernen sich davon mehr und mehr mit der Höhe bis zu den höchsten Regionen, von denen wir durch Beobachtung Kunde haben. Diese obern Luftschichten der gemäßigten Zone breiten sich über die Regionen des tropischen Hochdruckes aus, um dort herabzusteigen.

Die Bewegungen der hohen Luftschichten können nur aus der Bewegung der Wolken erschlossen werden, dann aus Versuchen mit Drachen und Ballons. Die 1904 und 1905 ausgeführte Expedition des Schiffes „Prinzessin Alice" des Fürsten von Monako, an der Prof. Hergesell teilnahm, sowie die Expedition von Teisserenc de Bort und Rotch haben sich mit Feststellung der obern Luftströmungen beschäftigt. Die erstgenannte Expedition arbeitete in der Zentralregion des atlantischen Barometermaximums. Sie hat dort drei übereinander gelagerte Luftschichten angetroffen, wie gewöhnlich

[1]) Meteorolog. Ztschr. Hann-Band p. 117.



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Die Trombe von Cottage-City.

Jahrbuch XVII. 1906.
Tafel VI.

im Innern einer Antizyklone. Die unterste mit einer Geschwindigkeit von 7 *m* in der Sekunde ist der Passat. In dieser wird der adiabatische Gradient von 1° auf 100 *m* stets erreicht; die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt nur 100 bis 600 *m*. Über derselben findet eine plötzliche Änderung statt: die Temperatur steigt plötzlich, und die Feuchtigkeit nimmt ab; die Windrichtung verändert sich in Nord oder Nordwest, und die Windstärke nimmt beträchtlich ab. Diese Schicht hat eine Mächtigkeit von etwa 1000 *m*. Das Studium der hohen Luftdrucke am Observatorium zu Trappes hat gezeigt, daß meistens eine solche Zone mit schwachen Winden in gewisser Höhe über dem Boden besteht. Über dieser Schicht tritt wieder eine andere mit genau adiabatischem Gradienten auf, und die relative Feuchtigkeit nimmt mit der Höhe so zu, daß der hygrometrische Zustand konstant bleibt. Dies deutet auf einen absteigenden Luftstrom. Prof. Hergesell bezeichnet diese Schicht als Antipassatschicht, obgleich die Windbewegung in derselben nicht südwestlich ist, sondern westlich mit nördlicher Komponente. Im Jahre 1906 hat man Kautschukballons bis zu 10 000 *m* aufgeschickt, ohne den Südwestantipassat anzutreffen. Es ist demnach bewiesen, daß der Antipassat aus Südwest den Scheitel des barometrischen Maximums nicht erreicht, er wird nach rechts abgelenkt, wird ein absteigender Wind und sehr schwacher West, wie auch die Wolkenbeobachtungen ergeben haben. Nordwärts vom Zentrum wird die Region hohen Luftdruckes gespeist von einem obern Nordwest, der aus dem großen Polarwinkel kommt. Prof. Hergesell geht nach Meinung des Verfassers zu weit, wenn er sagt, daß die auf dem Gipfel des Pics von Teneriffa beobachteten Südwestwinde lokalen Ursprunges seien. Denn die Expedition von Rotch und Teisserenc de Bort hat festgestellt, daß die zum Äquator wehenden Winde Nordost und Ost in den untern Regionen und im allgemeinen aus Nordwest bis Nordost in der Schicht über 1000 *m* Höhe sind. Ferner, daß nördlich von Madeira und gegen die Azoren hin die obern Winde meist aus West und Nordwest kommen, in der Zone, die gewöhnlich nördlich vom barometrischen Maximum und außerhalb der Passatregion liegt. Endlich, daß der rückkehrende Passat, wie ihn die Meteorologen annehmen, wirklich existiert. In dem südlichsten Punkte (11° nördl. Breite, 30° westl. Länge) fanden sich in 2500 *m* Höhe über dem Nordostpassat starke Ostwinde. Man war an der nördlichen Grenze der obern Ostwinde, welche über dem thermischen Äquator wehen. Solchergestalt findet Hildebrand Hildebrandsson seine frühern Ergebnisse über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre durch die Beobachtungen mit Drachen und Ballons bestätigt.

Die Land- und Seewinde an der deutschen Ostseeküste wurden von Dr. M. Kaiser studiert.[1]) Über Land- und Seewinde in mittlern

[1]) Inaugural-Dissertation, Halle 1906.

und höhern Breiten liegen bis jetzt nur wenige ausführliche Arbeiten vor, darunter die Untersuchungen der Seebrise durch F. W. Stow über Yorkshire und durch W. M. Davis über die Neu-England-Küste. Um die Erscheinung der Land- und Seewinde deutlich zu verfolgen, muß man stets Registrierungen von Anemographen benutzen, aber die Beobachtungsstationen mit Anemographen sind an Zahl gering. Außerordentlich günstig gestellt ist in dieser Beziehung indessen die östliche deutsche Ostseeküste; finden sich doch hier auf einer Ausdehnung von ungefähr 500 *km* fünf gut verteilte Anemographen an den Normalbeobachtungsstationen der Deutschen Seewarte Memel, Pillau, Neufahrwasser, Rügenwaldermünde und Swinemünde. Die Bearbeitung Kaisers erstreckt sich über die Jahre 1901 bis 1905, doch haben die angeführten Anemographen nicht alle fünf Jahre hindurch aufgezeichnet.

Unter Land- und Seewinden sind nur solche Luftströmungen zu verstehen, die durch den thermischen Gegensatz von Land und Meer hervorgerufen sind und mit den Tageszeiten wechseln. Aus den Anemographentafeln wurden die Tage herausgesucht, die eine entsprechende Drehung der Windfahne bemerken ließen und schwache Luftbewegung aufwiesen. An den aufgenommenen Tagen wehten morgens Winde vom Lande, mittags bis zum Abende von der See und abends wieder vom Lande. Oft setzte die Seebrise schon 8 Uhr morgens ein, oft auch erst 2 Uhr nachmittags oder später. Der Grund hierfür ist in Eigentümlichkeiten der Temperatur, der Bewölkung und Luftdruckverteilung der einzelnen Tage zu suchen. Die Dauer des Seewindes ist im Durchschnitte in den Sommermonaten länger als in den übrigen Monaten. Im Mittel beträgt die Geschwindigkeit der Seebrise 2 bis 3 *m* in der Sekunde, das Maximum derselben fällt zwischen 2 und 4 Uhr nachmittags, um die Zeit des Temperaturmaximums.

Die Erscheinung der Seebrise ist auf die Zeit von April bis September beschränkt. In den übrigen Monaten tritt dieses Phänomen an der Ostseeküste nicht ein, da das Meer in dieser Zeit stets wärmer bleibt als das Land, und deshalb kein täglicher Wechsel zwischen Winden vom Meere und Winden vom Lande eintreten kann. Die Seebrise ist am besten entwickelt in den Sommermonaten Juni, Juli, August. Oft ist auch der Mai für Seebrisen sehr geeignet. Charakteristisch ist die räumliche Verbreitung der Seebrise.

„Trägt man die Windrichtungen der Hauptstationen in Karten ein, so ist deutlich zu erkennen, daß das Frische Haff, auf dessen Nehrung Pillau liegt, sowie auch das Stettiner Haff die Einwirkung des auf die Küste zu wehenden Seewindes nicht aufzuheben vermögen, daß also der Seewind draußen im Meere vor der Küste einsetzen muß. Pillau und Swinemünde zeigen daher dieselben Verhältnisse, als wenn sie fest mit dem Lande verbunden wären. Ähnliches hat Großmann für Keitum auf Sylt und für Borkum nach-

gewiesen. Nach ihm weht der Seewind in Keitum genau wie an einem Orte einer Westküste, obgleich Keitum auf der Ostseite einer Insel liegt, und in Borkum, als wenn es nicht auf einer Insel, sondern auf der gegenüberliegenden Küste des Festlandes gelegen wäre. Neufahrwasser bleibt in der Häufigkeitszahl der Seebrisentage hinter denen der beiden andern Orte zurück. Es rührt dieses von seiner versteckten Lage in einer Bucht her. Die Seewinde scheinen durch die Putziger Nehrung gehindert zu werden.

Swinemünde und Memel zeigen eine sehr günstige Lage für die Entwicklung von Land- und Seewinden. Die Häufigkeitszahlen dieser Orte ragen in den einzelnen Jahren, sowie im Hauptmittel auffalllend hervor.

Was die Erscheinung der Land- und Seewinde in den einzelnen Jahren anbelangt, so finden sich große Unterschiede. Ein Jahr zeigt größere Häufigkeit als das andere.

Diese Beobachtungen lassen erkennen, daß die Ursprungsstätte der Seebrise an der deutschen Ostseeküste zwischen vier und fünf Seemeilen vor der Küste liegt, ferner, daß die Landwinde sich ziemlich weit seewärts erstrecken. Die Beobachtungen ergeben an günstigen Tagen ein Vordringen des Landwindes bis acht Seemeilen seewärts. Der Landwind der Ostseeküste dringt deshalb so weit vor, weil er wegen der Ebenheit des Untergrundes verhältnismäßig geringe Reibung zu überwinden hat. Bei nicht günstigen Umständen weht der Wind nicht so weit seewärts, und liegt auch die Ursprungsstätte der Seebrise entsprechend näher der Küste. Leider ist es unmöglich, nun umgekehrt das Vordringen der Seebrise landeinwärts zu verfolgen. Die in Frage kommenden Stationen des Preußischen Meteorologischen Institutes, die ungefähr 20 bis 30 *km* von der Küste entfernt liegen, haben nur Terminbeobachtungen und können daher über das Vordringen der Seebrise keinen Aufschluß geben. So ist es auch nicht möglich, die Geschwindigkeit, mit welcher die Seebrise sich landeinwärts fortpflanzt, zu bestimmen. Wir können annehmen, daß die Seebrise wegen der Ebenheit unseres Küstenlandes verhältnismäßig weit vordringen dürfte, d. h. etwa 20 bis 30 *km* nach Analogie mit den nordamerikanischen Verhältnissen in New-England.

Der Transport kalter Luftmassen über die Alpen ist durch H. v. Ficker studiert worden[1]), und zwar an den starken und rasch verlaufenden Abkühlungen, die in den Jahren 1901 bis 1903 auf dem Sonnblicke beobachtet wurden. Die Fußstationen des Sonnblickes, Bucheben auf der Nordseite, Döllach auf der Südseite, ermöglichten eine detaillierte Betrachtung der gleichzeitig im Tale herrschenden Temperaturverhältnisse.

[1]) Anz. d. K. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1906. Nr. XII.

Außerdem schien es zweckentsprechend, aus den Luftdruckregistrierungen auf dem Sonnblicke und in beiden Talstationen die Mitteltemperaturen der Luftsäulen auf der Nord- und Südseite des Gebirges zu berechnen, wodurch man unabhängig wird von den besonders in Gebirgstälern häufigen Temperaturanomalien.

Um einen Überblick über den Wirkungsbereich der raschen Temperaturerniedrigungen im Alpengebiete zu bekommen, war es notwendig, die Temperaturbeobachtungen der Schmittenhöhe, der Zugspitze, des Säntis und des Hochobir mit den Sonnblickbeobachtungen zu vergleichen. Riva und Lugano wurden benutzt, um die gleichzeitigen Verhältnisse am Südfuße der Alpen festzustellen.

Bei Benutzung dieses umfangreichen Materiales ergaben sich folgende Resultate:

Alle starken Abkühlungen auf dem Sonnblicke in den bezeichneten Jahren wurden verursacht durch kalte Luftmassen, die auf der Rückseite von Depressionen von Norden her gegen die Alpen strömten. Die Abkühlung beginnt im Sonnblickgebiete selbst immer zuerst im nördlichen Tale. Kalte Luft dringt hier von Norden ein und lagert sich unter warme Luft. Die berechneten Mitteltemperaturen der nördlichen Luftsäule beweisen ein langsames Höherrücken der kalten Luft, bis diese Sonnblickhöhe erreicht, worauf auf dem Sonnblicke rasche Abkühlung mit Drehen des Windes nach Nord eintritt. In der Zeit, in welcher kalte Luft im nördlichen Teile eindringt, ohne Sonnblickhöhe zu erreichen, finden wir in der Tiefe eine kalte Luftmasse, in der Höhe eine warme. In beiden Strömungen nimmt die Temperatur mit der Höhe ab, wodurch der Unterschied gegen die gewöhnlich als „Temperaturumkehr“ bezeichnete Schichtung gegeben ist. Die obere Strömung ist in ihrer ganzen Masse potentiell wärmer als die kalte Luftmasse in der Tiefe.

Der Betrag der Abkühlung auf dem Gipfel zu dem Betrage der Abkühlung im Tale ist gegeben durch zwei Faktoren:

1. durch die in der nördlichen Luftsäule herrschende Temperatur. schichtung vor dem Kälteeinbruche;

2. durch die Größe der Temperaturgradienten in der eindringenden kalten Luftmasse.

Je stabiler die Schichtung im Anfangsstadium ist, um so größer ist die Abkühlung auf dem Sonnblicke relativ zu jener im Tale; geht dem Kälteeinbruch Temperaturumkehr voraus, so kann im Tale Erwärmung, in der Höhe Abkühlung eintreten.

Die Abkühlung beginnt auf der Zugspitze früher als auf dem Sonnblicke, auf dem Säntis zumeist früher als auf der Zugspitze, wodurch bedeutende horizontale Temperaturgradienten im Niveau von 3000 *m* entstehen. In einigen Fällen kann für einen bestimmten Zeitpunkt eine keilförmige Lagerung der kalten Luftmasse am Nordabfalle der Alpen festgestellt werden. Durch Verbindung mit der Tatsache, daß die kalte Luft sich zuerst in der Tiefe ausbreitet, ergibt

sich, daß die auf der Rückseite der Depressionen einströmende kalte Luft sich in Gestalt einer Böe bewegt.

Mit Übertritt der kalten Luft über den Sonnblick auf die Südseite des Gebirges entsteht im obern Teile der südlichen Luftsäule labiles Gleichgewicht. Die kalte Luft steigt infolge ihrer größern Dichte bei fortwährender Erwärmung durch Kompression auf der Südseite so lange ab, bis sie auf Luftschichten gleicher Dichte trifft. Bei sehr stabilem Anfangszustande der Südsäule erreicht dann die kalte Luft überhaupt nicht mehr den Grund des südlichen Tales, sondern breitet sich horizontal aus. In Döllach treten dann keine Temperaturänderungen auf, die mit dem Kälteeinbruche auf der Nordseite in Zusammenhang gebracht werden könnten. Je nach der Anfangstemperatur in Döllach kommt es in allen übrigen Fällen auf der Südseite entweder zu bora- oder zu föhnartigen Fallwinderscheinungen. Immer aber ist die Abkühlung geringer als auf der Nordseite. Ebenso ist die Erniedrigung der Mitteltemperatur der Südsäule infolge Kompression der absteigenden Luft nie so bedeutend wie auf der Nordseite.

Dem Sinken der Mitteltemperaturen der Luftsäulen entsprechend, tritt bei den Kälteeinbrüchen sowohl auf der Nordseite, wie auf der Südseite des Gebirges Drucksteigerung ein. Der bedeutendern Abkühlung der Nordsäule zufolge ist der Druckanstieg auf der Nordseite intensiver, so daß bedeutende Gradienten zwischen Nord- und Südseite des Gebirges entstehen, die sich aber des Gebirges wegen nicht ausgleichen können. Die keilförmige Ausbuchtung der Isobaren auf der Nordseite der Alpen ist ein Ausdruck für die ungleiche Mitteltemperatur der Luftsäulen.

Die Stationen am Südfuße der Alpen (Riva, Lugano) verzeichnen am Tage des Übertrittes der kalten Luft auf die Südseite der Alpen niemals starke Abkühlung, häufig jedoch geringe Erwärmung; in den meisten Fällen ist eine wesentliche Temperaturveränderung gegenüber dem Vortage nicht zu konstatieren. Fast in allen Fällen jedoch ist Fallwindeinfluß durch rasche Abnahme der relativen Feuchtigkeit, durch Ausheiterung und nördliche Winde deutlich nachzuweisen; steigender Druck weist jedoch darauf hin, daß die Luftsäule im ganzen kälter wird. Der Südfuß der Alpen ist durch den Alpenwall zwar nicht vor den nördlichen Winden selbst, aber vor den meisten Kälteeinbrüchen geschützt infolge der bedeutenden, durch Kompression bewirkten Erwärmung der kalten absteigenden Luft auf der Leeseite.

Die südungarische Kossava schildert S. Rona.[1]) Mit diesem Namen wird der heftige Südostwind bezeichnet, der an der untern Donau in Ungarn vorkommt, und vor dem gelegentlich selbst die

[1]) Meteorolog.. Ztschr. Hann-Band 1906. p. 151.

Dampfer Schutz suchen. Die Kossava führt immense Sandmassen mit sich, die sie über die Donau setzt, wodurch die Luft undurchsichtig wird. Der Sand bewegt sich mit solcher Wucht, daß er bloßgelegte Körperteile (Gesicht, Hände) wund schlägt. Kinder und Weiber wagen sich nicht ins Freie, nur starke Männer widerstehen der Gewalt der Kossava. Leichte Fuhrwerke werden vom Sturme umgeworfen.[1])

Von den an der untern Donau liegenden Ortschaften leiden besonders Fehértemplom und Palánk von der Kossava, wo der Staub in die Wohnungen eindringt und den Verkehr in den Straßen unmöglich macht. Am stärksten ist sie zwischen Báziás und Fehértemplom, ferner werden Kubin, Palánka, Pancsova und Versecz von ihr heimgesucht. Also die südliche Hälfte der Komitate Torontál, Temes und Krassó-Szörény ist die Heimat der Kossava. Nach Norden und Westen zu schwächt sie sich ab, in Temesvar tritt sie selten auf, gegen Westen steckt ihr die Tisza eine Grenze.

Die Station Pancsova hatte während 21 Jahren im Jahresmittel 17 Tage mit Kossava, doch nach der Natur einzelner Jahre mit großen Abweichungen von diesem Mittelwerte. Die beiden Extreme sind das Jahr 1887 mit 31 und das Jahr 1893 mit bloß vier Kossavatagen. Die Dauer der Kossava erstreckt sich in der Regel über einen Tag hinaus, sechstägige Perioden kamen fünfmal vor, siebentägig war bloß eine, vom 1. bis 7. März 1884. Es bestätigt sich auch bei Pancsova, daß die Kossava den kühlen und kalten Monaten eigen ist; im Mai kamen während 21 Jahren im ganzen zwei, im August drei Kossavafälle vor, alle übrigen Fälle gehörten dem Zeitabschnitte September bis April an.

Die Kossava ist ein eminenter Staubwind. Sie entführt große Sandmassen den entblößten serbischen Bergen, die sie zum großen Teile schon der Donau abgibt, wodurch sie vermutlich zum Entstehen von Sandbänken, Inseln und Veränderungen des Strombettes beiträgt. Die leichtern Sandpartikel trägt sie auch auf größere Entfernungen und wirbelt überdies auch auf dem diesseitigen Ufer den Sand auf, so daß sie den Aufenthalt im Freien unangenehm macht. Zuweilen hemmt sie auch den Eisenbahnverkehr, so auch im Januar 1906, als das Bahngleis zwischen Petrovoszello und Alibunár eine 0.5 *m* hohe Sandschicht bedeckte.

Man kann schon aus der Richtung des Windes a priori schließen, daß die Kossava einen von Ost nach West gerichteten barometrischen Gradienten bedingt. Übrigens führt das Durchblättern der synoptischen Karten sofort zum Ziele, man bemerkt nämlich, daß die Luftdruckverteilung an Kossavatagen in Mittel- und Südrußland ein stark entwickeltes Maximum und über dem Mittelländischen Meere (Italien, Adria) ein tiefes Minimum aufweist. Diese Situation gibt ein untrügliches Prognostikon für die Kossava.

---

[1]) Themák, Természettudományi Füzetek 1887.

Natürlich müssen für das Entstehen der Kossava genügend starke Druckunterschiede vorhanden sein. Die Isobaren drängen sich dann dicht aneinander, in Südungarn ungefähr in meridionaler Richtung, und die Kossava erhält nach der bekannten Ablenkung der untern Luftströmungen die Südostrichtung. Je nach den Verschiebungen des Maximums und Minimums kann sich die Richtung von Südsüdost bis Ostsüdost ändern. Prof. v. Cholnoky fand anläßlich seiner Studien in der Deliblater Pußta, daß sich die Sandwehen in einer Richtung aneinanderreihen, die einen Winkel von 35° mit der Ostwestlinie bildet.

Die Größe des allgemeinen Gradienten in vielen Teilen des Landes genügt nach Rona nicht, um die Heftigkeit des Sturmes zu erklären, die an der untern Donau erreicht wird, es müsse daher in der Gegend der Kossava eine lokale Verstärkung des Gradienten stattfinden. „Betrachten wir," sagt er, „die Depression über der Adria als Aspirationsherd für die untern Luftströmungen, so geht natürlich das Zuströmen der Luft auf der weiten Fläche des Alfölds ohne Hindernis vonstatten, und nur am Fuße der serbischen Berge stockt das horizontale Ansaugen der Luft. Demzufolge müssen am diesseitigen Fuße des serbischen Gebirges aus dynamischen Ursachen auch in vertikaler Richtung Druckunterschiede hervorgerufen werden, die, gepaart mit dem horizontalen Gradienten, schräg herabstürzende Fallwinde erzeugen. Das stoßweise Zustürzen der Luft aus der Höhe entsteht durch die Diskontinuitäten des Ansaugens und Abstürzens.

Der Vorgang ist überhaupt derselbe, wie derjenige, der das Entstehen des Föhns und anderer Fallwinde einleitet. Es soll allgemein darauf hingewiesen werden, daß überall an den Berührungslinien von Bodenerhebungen mit einem Flachlande im Falle eines hinreichenden horizontalen Gradienten (in einer gewissen Entfernung vom Gebirge, je nach der Formation des Abhanges) herabstürzende heftige Windstöße entstehen müssen.

Es läßt sich das Prinzip der lokalen Verstärkung des Gradienten allgemeiner auf sämtliche Fallwinde anwenden. Jeder Fallwind kommt schräg zum Boden verstärkt an. Die Stärke, mit welcher er den Boden trifft, repräsentiert die Resultante, welche aus der Zusammensetzung des horizontalen (allgemeinen) Gradienten mit dem vertikalen (lokalen) Gradienten entsteht. Daher ist jeder Fallwind bis zu einer gewissen Entfernung immer heftiger, als gleichzeitig der bloß durch horizontale Druckdifferenzen getriebene Wind der Niederung.

So wird es unschwer sein, die Frage zu beantworten, warum in Oberungarn zur Zeit der Kossava die Luftströmungen schwächer sind, als an der untern Donau. Die nördliche Karpathenkette hat im großen und ganzen eine westöstliche Zugrichtung, so daß die zur Zeit der Kossava dort herrschende allgemeine östliche Luftströmung parallel mit dem Gebirge weht. Die Analogie würde demnach erwarten

lassen, daß am Nordrande des Alfölds, an den Berührungslinien mit dem Gebirge, die aus dem nördlichen Quadranten kommenden Winde als Fallwinde auf dem Alföld mit wachsender Stärke anlangen, wenn die Depression auf den Balkan zu liegen kommt. Dies ist allerdings eine Vermutung, die erst durch eine Spezialuntersuchung zu beweisen wäre, wobei man sich auf genaue Anemometerangaben zu stützen hätte."

Schließlich faßt Rona das Ergebnis seiner Untersuchungen wie folgt zusammen: „Die Kossava ist ein Fallwind auf der Tiefebene, zu dessen Entstehen als meteorologischer Faktor eine mediterrane Depression, als geographischer Faktor das Zusammentreffen der ungarischen Niederung mit dem serbischen Gebirge Veranlassung gibt.

Insoweit der Fallwind reicht, bis zu einer beschränkten Entfernung vom Gebirge, findet eine lokale Verstärkung der Luftströmung statt, indem sich zu dem allgemeinen horizontalen Gradienten noch ein vertikaler Gradient gesellt, wodurch der Wind schief zum Boden gelangt mit einer Stärke, die durch die Resultante beider Gradienten gegeben ist. Allgemein widerfährt jedem Fallwinde eine derartige Verstärkung, daher die Fallwinde heftiger sind als die bloß durch die horizontalen Druckdifferenzen getriebenen Winde.

Bei dem Fallwinde auf der Ebene (Kossava in Südungarn) schwächen sich die Föhnerscheinungen infolge Wärmeabgabe durch große Luftmischungen, beim Fallwinde auf geschlossene Täler (Nemere in Siebenbürgen) steigern sie sich, weil die dynamische Erwärmung sich den adiabatischen Zuständen nähert.

Kossava und Nemere sind Folgen derselben Wetterlage (Luftdruckmaximum in Rußland, Minimum in Italien oder Umgebung); sie fehlen in der warmen Jahreszeit, weil diese Wetterlage im Sommer in der Regel nicht vorkommt."

Nachweis des Antipassats über dem Atlantischen Ozeane. Mit Hilfe von Pilotballons ist es L. Rotch und L. Teisserenc de Bort gelungen, den Gegenpassat direkt nachzuweisen.[1] Die Bahnen der Pilotballons, welche im Juli und August dieses Jahres aufstiegen, konnten durch Triangulation von zwei Punkten aus, auf den Azoren, Madeira, Teneriffa und Kap Vert genau festgelegt werden. Außerdem wurde ein Ballon vom Meere aus aufgelassen, dem ein Schiff, wenn auch mit kleinerer Geschwindigkeit, folgte. Die folgende Tabelle enthält die gefundenen Resultate:

Ponta Delgada 32° N	22. August:	NO bis 800 *m*, darüber NW (4200 *m*);
Madeira 33° N	16. August:	NO bis 1600 *m*, NW abwechselnd mit SW bis 11 500 *m*, darüber WSW;

[1]) Compt. rend., 1905. 9. Okt. — Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 185.

17. August: NO bis 2900 *m*, NW abwechselnd mit NO bis 11 500 *m*, darüber WSW.

Eigentliche Passatregion:

Teneriffa 28° N — 7. Juli: NO bis 400 *m*, NW bis 3500 *m*, darüber WSW (7500 *m*);

9. Juli: NO bis 300 *m*, NW bis 4000 *m*, darüber SSO und SO (5700 *m*);

10. Juli: NO bis 3000 *m*, SW und NW bis 5200 *m*, darüber S und SO (11 000 *m*);

10. August: NO bis 3100 *m*, OSO und S bis 5300 *m*, darüber SSW (5880 *m*);

11. August: NNO bis 2300 *m*, darüber S und SSW (3980 *m*);

Meer bei Insel Palma 28° N — 13. August: NO bis 2600 *m*, NW bis 3400 *m*, WSW 3400 bis 4200 *m*, darüber SW (6550 *m*);

Saint-Vincent (Kap Vert) 16½° N — 17. Juli: NO bis 3400 *m*, variable bis 5100 *m*, darüber SSO und SO (10 900 *m*),

18. Juli: NO bis 1300 *m*, darüber OSO (2350 *m*);

29. Juli: NO bis 600 *m*, variable und NW bis 1900 *m*, SW und SSW bis 7500 *m*, OSO und NO bis 11 700 *m*, darüber starker Südwind (13 600 *m*);

Drachen 11° N. Br. 30° W. L. — 24. Juli: NO bis 2500 *m*, starke östliche Winde, Altocumuli führend.

Aus den obigen Beobachtungen in diesem Teile des Atlantischen Ozeanes kann man folgende Schlüsse ziehen:

1. In den untern Schichten geht der Wind von NO—O gegen den Äquator; über 1000 *m* von NW—NO.

2. In der Zone nördlich des ozeanischen barometrischen Maximums, außerhalb der Passatregion (nördlich von Madeira und gegen die Azoren hin) wehen in den obern Schichten, wie man durch Wolkenbeobachtungen bereits festgestellt hat, West- und Nordwestwinde.

3. Der Gegenpassat hat eine südliche Komponente und weht in der Breite der Kanarischen Inseln von SW, bei Kap Vert von SO, wie es der Erdrotation entspricht.

Der Gegenpassat existiert demnach so, wie ihn die Meteorologie ohnehin bisher angenommen hat."

Der Passat der südlichen Erdhälfte und der allgemeine Wettertypus auf den britischen Inseln. In neuester Zeit bricht sich die Er-

kenntnis mehr und mehr Bahn, daß die Erforschung der atmosphärischen Erscheinungen sich nicht auf die Äußerungen des Wetterwechsels innerhalb enger Erdräume, wie z. B. Westeuropa und der nordatlantische Ozean, beschränken dürfe, sondern die atmosphärischen Vorgänge in ihrem Zusammenspiele auf der ganzen Erdoberfläche in Betracht gezogen werden müssen. Von diesem Gesichtspunkte aus hat der Direktor des Meteorological Office in London, W. N. Shaw, eine Darlegung veröffentlicht,[1]) in welcher er die Schwankungen in der Intensität des Südostpassates im südatlantischen Ozeane mit den Schwankungen des Regenfalles über Südengland in Verbindung bringt. Man könnte diese Verknüpfung zunächst leicht als etwas sehr weit hergeholt ansehen, allein bei genauerer Betrachtung läßt sich immerhin für die Möglichkeit einer solchen nähern Beziehung mancherlei beibringen. Man braucht indessen hierauf zunächst kein Gewicht zu legen, sondern kann sich lediglich an die Tatsache halten, welche Shaw beibringt; auch ist es kein Geringerer als Professor Hann, der diese durchaus beachtenswert findet, die Untersuchungen von Shaw in deutschem Auszuge mitteilt und einige Bemerkungen daran knüpft.[2]) Aus dieser Darlegung des Altmeisters der meteorologischen Forschung möge folgendes hier Platz finden.

„Als die amerikanische Expedition zur Beobachtung einer Sonnenfinsternis im Jahre 1890 auch St. Helena besuchte, gab Prof. Cleveland Abbe als Teilnehmer an der Expedition dort die Anregung zur Errichtung eines meteorologischen Observatoriums. St. Helena liegt im Herzen der Passatregion des Südatlantischen Ozeanes. Die Errichtung eines Observatoriums daselbst, ausgerüstet mit den neuen registrierenden Apparaten, wäre gewiß von großer Wichtigkeit für die Meteorologie. Die kolonialen Finanzen waren aber damals in einem Zustande der Depression, und es wurde deshalb das Meteorological Council um Beistellung von Instrumenten angegangen. Das Council verfügte aber auch nur über geringe Mittel und konnte nur ein Anemometer beistellen, welches eben von Helgoland zurückgekommen war.

Dieses Anemometer wurde nun auf St. Helena (St. Matthew Vicarage) in Tätigkeit gesetzt und leistete mit geringen Unterbrechungen gute Dienste bis Mitte 1904. Um diese Zeit mußte das Instrument zur Reparatur nach England zurückgesandt werden. Die mehrjährigen Registrierungen werden gegenwärtig im Meteorological Office reduziert. Shaw wollte aber vorläufig Gelegenheit nehmen, auf einige Ergebnisse hinzuweisen, welche, weil zu spekulativer Natur, sich nicht gut für die spätere offizielle Publikation der Ergebnisse eignen, ihm aber doch zu anregend scheinen, um gänzlich unterdrückt zu werden. Er möchte die Aufmerksamkeit lenken auf

[1]) Nature 1900. Dec. 21.

[2]) Meteorolog. Ztschr. 1901. p. 82.

die Möglichkeit, daß bei eingehenderm Studium der Erscheinung sich eine effektive (a working connection) Beziehung zwischen den Pulsationen der Stärke des Passates in der südlichen Hemisphäre und dem allgemeinen Typus des Wetters in einem so entfernten Teile der Erde, wie die britischen Inseln, herausstellen könnte. Während die Passate als die am meisten direkt in Erscheinung tretenden Repräsentanten des dynamischen Effektes der Sonnenstrahlung betrachtet werden können, muß der Regenfall als in enger Beziehung stehend zu dem Prozesse der Verteilung dieser Energie über die Erdoberfläche angesehen werden. Shaw führt dies weiter aus und bemerkt, daß von diesen zwei Indizes des allgemeinen Prozesses der Verteilung der Sonnenenergie, der eine, der Passat der stetigste, der andere dagegen der am meisten veränderliche von allen meteorologischen Phänomenen ist. Eine Beziehung zwischen den beiden aufzufinden, die doch eine Notwendigkeit in dem allgemeinen Prozesse der Zirkulation ist, wäre gewiß von großem meteorologischen Interesse und dürfte auch von immenser ökonomischer Wichtigkeit sein.

Shaw teilt dann in einem Diagramme den korrespondierenden Gang der monatlichen mittlern Windgeschwindigkeit des Südostpassates auf St. Helena 1892/1903 und des mittlern Regenfalles in England 1866/1900 mit, die wirklich ganz überraschend parallel verlaufen! Ebenso verfolgte der Autor die beiden Phänomene Jahr für Jahr, und da zeigte es sich, daß das Jahr 1903 eine exzeptionelle mittlere Stärke des Südostpassates hatte: 9,4 *m*/sec gegen 8,0 im zwölfjährigen Mittel. Nun trifft es sich, daß in England das Jahr 1903 einen ganz abnorm großen Regenfall hatte, während das Jahr 1893, das auf St. Helena eine geringe Windstärke zeigt, in England ein sehr trockenes war, namentlich im Frühlinge, wo die Stärke des Südostpassates ganz besonders niedrig war. Als Shaw ferner die Kurven des jährlichen Ganges der Windstärke auf St. Helena für die einzelnen Jahre zeichnete, fiel ihm auf, daß das Jahr 1898 von den übrigen dadurch abwich, daß es zwei Maxima der Windstärke hatte, das eine im März (und April), das andere im Oktober, statt des sonst einzigen Maximums im September. Unser Autor verglich nun den Regenfall in Südengland von Monat zu Monat in diesem auf St. Helena exzeptionellen Jahre mit dem Gange der entsprechenden Windstärken daselbst, und siehe, auch hier zeigte sich wieder eine merkwürdige Übereinstimmung. Auch der Regenfall in Südengland zeigte zwei Maxima, ein abnormes im Mai und ein zweites im November, beide etwas verspätet gegen die Maxima der Windstärke auf St. Helena, wie es zu erwarten ist, wenn ein kausaler Zusammenhang zwischen beiden besteht. Das normale Oktobermaximum der Regenmenge in Südengland war 1898 auf den November verschoben, sowie auf St. Helena das normale Maximum der Windstärke vom September auf den Oktober. Das ist gewiß ein merkwürdiges Zusammentreffen.

Shaw ist aber vorsichtig genug, selbst hervorzuheben, daß, während auf St. Helena das Maximum der Windstärke regelmäßig im September eintritt, in Südengland jeder Monat der regenreichste sein kann, und daß im allgemeinen auch die Jahre, nach der Regenmenge geordnet, sich nicht decken mit jenen auf St. Helena, wenn sie nach der Windstärke aneinander gereiht werden. Trotzdem meint Shaw, daß die oben von ihm aufgedeckten Fälle gegenseitiger Beziehungen zwischen der Windstärke auf St. Helena und der Regenmenge in Südengland kaum rein zufällige sein können. Er meint deshalb, daß es immerhin nützlich sein möchte, auf diese Beziehungen zwischen den Pulsationen in der Stärke des Südostpassates auf St. Helena und der Stärke des Regenfalles in Nordwesteuropa hinzuweisen."

„Wenn wir," sagt nun Prof. Hann, „um unser Urteil gefragt würden, so müßten wir wohl gestehen, daß wir an so enge Beziehungen der beiden Phänomene nicht denken können und annehmen zu müssen glauben, daß die obigen Relationen doch nur ein Spiel des Zufalles gewesen sein dürften. Es ist nach unsern gegenwärtigen Kenntnissen nicht einzusehen, wie die variable Stärke des Südostpassates auf St. Helena so direkt sich in England fühlbar machen könnte, wenn man sich nicht zur Mauryschen Theorie der atmosphärischen Zirkulation bekennt. Für Maury wären allerdings die oben mitgeteilten Koinzidenzfälle ein wahrer Triumph gewesen. Wir rechnen es aber doch Shaw hoch an, daß er sich nicht gescheut hat, diese Anregungen, so bedauerlich bizarr (wie er sich selbst ausdrückt) sie scheinen mögen, vor die Öffentlichkeit gebracht zu haben. Wir danken ihm dafür, daß er den Finger auf eine Stelle gelegt hat, von der aus die neuere Meteorologie vielleicht noch bisher ungeahnte Erfolge erzielen mag. Vor allem andern aber ist diese Anregung besonders dankenswert, weil sie zur Folge haben kann, daß man sich berufen fühlen dürfte, die Variationen der Stärke der Passatwinde fortlaufend zu überwachen. Und da eine solche Anregung von dem Chef des Meteorologischen Amtes in London ausgeht, ist einige Aussicht vorhanden, daß sie nicht ohne Folgen bleibt. Wenn wir bedenken, daß von der variablen Stärke des Nordostpassates im Atlantischen Ozeane höchstwahrscheinlich auch die veränderliche Masse warmen Wassers abhängt, welche der Golfstrom und die Antillenströmung in den nordatlantischen Ozean ausgießt, und daß diese wieder die bedeutsamsten Folgen für die Klimaänderungen von Nordwest- und Westeuropa überhaupt haben dürfte, so erkennen wir, wie wichtig es wäre, wenn die variable Stärke des Nordostpassates stetig kontrolliert werden könnte. Ich habe an einer andern Stelle darauf hingewiesen, daß die Intensität des nordatlantischen Barometerminimums bei Island mit der variablen Stärke des Nordostpassates zusammenhängen könnte.[1]) Wir haben in den Luftdruckdifferenzen zwischen Island

[1]) Meteorolog. Ztschr. 1905. p. 75 und Quart. Journ. R. Met. **31.** p. 161.

und den Azoren ein Mittel, „einem Hauptfaktor des Klimas von Nordwest- und Mitteleuropa gleichsam beständig den Puls zu fühlen.“ Aber für die Stärke des Nordostpassates fehlt uns ein derartiger bequemer Index. Meteorologische Stationen im äquatorialen Gebiete des atlantischen Ozeanes könnten dieses Mittel liefern. Vielleicht wären eine ständige Station auf den Kap Verdischen Inseln und eine zu Freetown, Sierra Leone, dazu geeignet, letztere liegt in der Hand Englands. Die Luftdruckdifferenzen Ponta Delgada und Funchal (Madeira) gegen die Kap Verden und Sierra Leone würden vielleicht für die Variationen in der Stärke des Nordostpassates ein Maß abgeben wie jene zwischen Ponta Delgada und Island für die nordatlantische Zirkulation. Die Luftdruckstationen: St. Helena, Ascension, Sierra Leone und Kap Verden, Azoren und Madeira, mit Island würden vielleicht gestatten, die Pulsationen der atlantischen atmosphärischen und damit wahrscheinlich auch teilweise der ozeanischen Zirkulation ständig verfolgen zu können. Stationen in Guyana, (auch Trinidad) und auf Bermuda würden eine wichtige Ergänzung bilden. Hoffen wir, daß die Anregung, die Shaw gegeben hat, zu einer derartigen Überwachung der atlantischen Zirkulation führen möge.“

Die tropischen Orkane und die Grundlagen zum Manövrieren in denselben sind auf Basis der sämtlichen bisherigen Forschungen von der Deutschen Seewarte dargestellt worden.[1]) Der Hauptinhalt dieser Darstellung mit Fortlassung des lediglich für den Seeforscher selbst bestimmten Teiles ist im wesentlichen folgender:

Orkanfreie Gebiete. „Orkanartige Stürme und Orkane kommen in großen Meeresgebieten der warmen Zone nicht vor. Unbekannt sind sie zunächst in unmittelbarer Nähe der Linie bis zu 4° oder 5° Breite. In größerer Entfernung von der Linie kommen dann Böen, auch orkanartige Böen vor, die meist bald ein Ende nehmen, sich aber selten allmählich zu richtigen Orkanen entwickeln. Die Zone in der Nähe der Linie, in der keine Orkane vorkommen, ist allem Anscheine nach schmaler da, wo die Meeresflächen durch kleine, zerstreute Inselgruppen oder Atolle unterbrochen ist, z. B. im nordwestlichen Stillen Ozeane, breiter da, wo gar kein Land ist, wie z. B. in der Mitte des Stillen Ozeanes auf Südbreite, oder wo sich weite, zusammenhängende Landflächen ausdehnen, wie z. B. an der Ostküste Afrikas zwischen Zanzibar und Ras Hafun oder auf der ostasiatischen Inselflur zwischen Sumatra und Neuguinea.

Außer dieser orkanfreien Zone in der Nähe der Linie gibt es noch in jedem der großen Weltmeere sich an diese Zone anschließende Gebiete, die entweder als ganz orkanfrei oder doch nahezu als orkanfrei gelten können (vielleicht ein Orkan in einem Menschenalter). Es sind dies die Passatstrecken, wo der Passat jahraus jahrein so ziemlich ununterbrochen durchsteht. Im Stillen Ozeane ist dieses Gebiet am größten. Es erstreckt sich auf Nordbreite südlich und westlich von den Sandwichinseln zwischen den Meridianen von 150° östl. Länge in 20° nördl. Breite, von 175° östl. Länge in 10° nördl. Breite, eben östlich von den Marianen und Marschallinseln, bis zum Meridiane von 120° westl. Länge, etwa dem von San Franzisko. Auf Südbreite setzt sich dann ein

[1]) Monatskarte für den nordatlantischen Ozean. Februar 1906.

entsprechendes Gebiet weiter nach Osten hin fort, nördlich vom südlichen Wendekreise zwischen dem Meridiane von 130° westl. Länge, östlich von den Markesas- und den Paumotouinseln, bis zur Westküste Südamerikas.

Auch im Atlantischen Ozeane schließen sich an die orkanfreie Zone bei der Linie zwei andere orkanfreie Gebiete an, ein kleineres im Nordostpassatgebiete, südlich vom nördlichen Wendekreise zwischen 35° und 50° westl. Länge, und das weit ausgedehntere ganze Südostpassatgebiet im Norden einer geraden Linie, die etwa Santos mit der Mündung des Orangeflusses verbindet.

Im Indischen Ozeane ist das nichtäquatoriale orkanfreie Gebiet am kleinsten. Im Norden der Linie fehlt ein solches ganz. Im Süden der Linie liegt nördlich vom südlichen Wendekreise zwischen den Meridianen von 90° und 105° östl. Länge nur ein kleines, fast orkanfreies Gebiet innerhalb des Südostpassatgebietes. Diese abweichenden Verhältnisse innerhalb des Indischen Ozeanes, der im Norden von 4 bis 7° nördl. Breite gar kein orkanfreies Gebiet hat, stehen in Verbindung mit seinen Monsunen, ein Gesichtspunkt, der auch einige andere Eigenheiten der Orkane zwischen Arabien und Hinterindien, z. B. die Zeit ihres Auftretens, zu erklären geeignet ist.

Beschreibung. Aus der Vogelschau gesehen, stellt sich ein tropischer Orkan als großer, flacher Luftwirbel dar, der selten und nur bei langsamer Fortbewegung nahezu kreisförmig ist, in den meisten Fällen aber länglich rund, elliptisch oder eiförmig erscheint, um schließlich bis zu den Grenzen der Tropen noch unregelmäßiger zu werden und sich auch sonst noch wesentlich zu verändern. Dieser Luftwirbel hat einen Kern von geringem Durchmesser, wo Windstille herrscht oder doch nur leichte umlaufende Winde, und über dem die sonst dichte, über dem Orkane lagernde Wolkendecke oft durchbrochen ist. (Das „Auge" des Orkanes.) Der Kern, die windstille Mitte, ist anfänglich von geringer Ausdehnung, 1 bis 2 Seemeilen, nimmt aber mit dem Fortschreiten des ganzen Orkanes, sowie mit der geographischen Breite an Ausdehnung zu, um schließlich an den Grenzen der Tropen den zehn- bis fünfzehnfachen Durchmesser zu erreichen. Mit der weitern Entartung des Orkanes außerhalb der Tropen, von 30 oder 35° an, ist der Kern dann als solcher nicht mehr deutlich zu erkennen, indem sich der anfänglich scharfe Übergang von Kern und Wirbel mehr und mehr verwischt.

Gleich außerhalb der windstillen Mitte wütet — volle Entwicklung vorausgesetzt — an allen Seiten der Orkan mit der größten Kraft, B. 12 und aus allen Richtungen der Windrose; mit der Entfernung von der Mitte nimmt die Windstärke allmählich ab, bis zu steifer oder mäßiger Brise. Die Böen nehmen ebenfalls von innen nach außen an Häufigkeit und Stärke ab. Die Luft wirbelt links herum auf Nordbreite, gegen den Uhrzeiger, rechts herum auf Südbreite, mit dem Uhrzeiger.

Die Luftteilchen an der Meeresoberfläche, also der Wind des Beobachters, nähern sich der Mitte in Spiralen. Je weiter nach außen, um so weniger gekrümmt, je weiter nach innen, um so mehr gekrümmt sind die Spiralen; oder anders ausgedrückt: je weiter von der Mitte entfernt, und je schwächer der Wind, um so mehr zeigt er nach der Mitte hin, und je näher bei der windstillen Mitte, d. h. je stärker der Wind, um so weiter zeigt er von der Mitte weg, bis er in unmittelbarer Nähe der Mitte oft nur mehr um einen halben Strich einwärts zeigt, d. h. nicht ganz die Richtung der Tangente an den Kern, diesen kreisförmig gedacht, erreicht. Die einströmende Luft erreicht schließlich die windstille Mitte und steigt hier wie in einem Schornsteine auf, um in großer Höhe wieder nach außen abzufließen. Ein Orkan befindet sich in einem Zustande stetigen Werdens und Vergehens.

Zu bemerken ist noch, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Wind bei kleiner geographischer Breite mehr nach der Mitte hinweist als bei größerer Breite, und daß eine Küste, vor allem eine hohe Küste, auch wenn sie ziemlich weit vom Orkane entfernt ist, die Neigung hat, den Wind zu zwingen, mehr längs der Küste zu wehen.

Peilung der Mitte. Wenn man für irgend einen Zeitpunkt die Lage der Orkanmitte und außerdem außerhalb der Mitte eine Windbeobachtung kennt, so bezeichnet man als „Peilung der Mitte“ den Winkel, den der geradlinig verlängerte Windpfeil mit der Verbindungslinie zwischen Schiff oder Beobachter und Orkanmitte macht. In frühern Jahren hat man die Peilung der Einfachheit wegen immer zu 8 Strich angenommen. In Nordbreite und bei Nordwind würde dann z. B. die Orkanmitte östlich vom Beobachter liegen, in Südbreite und bei Südostwind nordöstlich vom Schiffe.

Später hat man die Peilung zu 6 Strich angenommen, ein Wert, der dem Durchschnittswerte jedenfalls näher kommt, als 8 Strich.

Es ist aber besser, sich dessen bewußt zu bleiben, daß die Peilung keine feste, sondern eine veränderliche Größe ist, die von der geographischen Breite, der Windstärke und der Fortbewegung des Orkanes abhängt, so daß es sich auch in offener See immer nur um eine Schätzung handeln kann, die je nach der Vertrautheit des Beobachters mit dem ganzen Gegenstande genauer oder ungenauer ausfällt.

Ausdehnung, Fortbewegung, Bahnen und Orkanzeiten. Als Anhaltspunkte mögen die folgenden Zahlen gelten:

Geograph. Breite	10°	20°	30°	über 30°
Durchmesser . . .	bis 200 Sm.	bis 400 Sm.	bis 600 Sm.	über 600 Sm.
Fortbewegung in Knoten . . .	5 Kn.	10 Kn.	15 Kn.	über 15 Kn.

Bahnrichtung: West bis Nordwest in sehr niedrigen nördlichen Breiten bis 15° Breite;
West bis Südwest in sehr niedrigen südlichen Breiten bis 15° Breite;

Bahnrichtung: Nordwest bis Nord in etwas höhern tropischen nördlichen Breiten bis 23° Breite;
Südwest bis Süd in etwas höhern tropischen südlichen Breiten bis 23° Breite;
Nord bis Nordost in der Nähe des nördlichen Wendekreises und nördlich davon;
Süd bis Südost in der Nähe des südlichen Wendekreises und südlich davon.

Manche Orkane machen während ihrer Dauer alle diese Richtungsänderungen durch, gehen z. B. auf Nordbreite erst nach Nordwest, dann nach Nord und endlich nach Nordost. Andere begnügen sich mit einer oder zwei Richtungen, z. B. nur nach Südwest bei Nordostaustralien im Korallenmeere, und dann Ende des Orkanes über dem Festlande; ähnlich nur Südost in der östlichen Südsee, oder erst nach Nordwest und dann nach Nord im ostchinesischen und gelben Meere. Unregelmäßig sind die Orkanbahnen ganz im Anfange der Entstehung des Orkanes, wo ihre Geschwindigkeit verschwindend gering, nur 1 bis 2 Kn. ist. Die Mitte des Wirbels pendelt dann wohl hin und her oder beschreibt auch Schleifen, bis die eigentliche Wanderung des Orkanes mit einer nunmehr regelmäßigen Bahn beginnt. Die Entstehungsgebiete liegen zwischen 15° Breite und dem äquatorialen orkanfreien Gebiete, reichen aber stellenweise weiter nach den Polen hin, so in der Südsee bis zu 20° südl. Breite bei Neukaledonien, bis zu 28° nördl. Breite im Japanischen Meere und im Golfstromgebiete.

Die Hauptorkanzeiten liegen in den drei gleich auf den höchsten Sonnenstand folgenden Monaten, sind also in nördlicher Breite Juli, August, September, in südlicher Breite Januar, Februar und März. Eine Ausnahme macht der nördliche Indische Ozean, wo in den entsprechenden drei Monaten Juli, August und September der Südwestmonsun meist so kräftig durchsteht, daß sich dann selten Orkane in ihm entwickeln. Die Orkanzeiten fallen hier mehr auf die Monate des Monsunwechsels, d. h. die drei vorhergehenden und nachfolgenden Monate, also: April, Mai, Juni und Oktober, November, Dezember.

Die außertropischen Stürme und die tropischen Orkane haben also nahezu eine entgegengesetzte jährliche Periode der Häufigkeit in der kalten und der warmen Jahreszeit.

Sehr wertvolle Beobachtungen liefert der

Luftdruck. Tägliche Wellen. Innerhalb der Tropen ist der tägliche Gang des Luftdruckes weit regelmäßiger als außerhalb. Die Aufzeichnungen eines jeden gewöhnlichen Tages zeigen zwei Wellenberge und zwei Wellentäler; die Berge fallen ungefähr auf die Stunden 10 Uhr vormittags und nachmittags, die Täler auf die Stunden 4 Uhr nachmittags und 4 Uhr vormittags. Die Tageswelle ist etwas stärker als die Nachtwelle. Das Barometer fällt also von 10 Uhr vormittags bis 4 Uhr nachmittags um 2 bis $2^1/_2$ *mm*, um bis 10 Uhr nachmittags nahezu ebensoviel zu steigen und dann wieder bis 4 Uhr vormittags zu fallen. Wenn diese Wellen Unregelmäßigkeiten aufweisen, so ist dies ein Anzeichen einer atmosphärischen Störung, die Aufmerksamkeit verdient, einerlei, ob es ein anerkannter Orkanmonat ist oder nicht. In einigen Gegenden gibt es allerdings eine Folge von Monaten, in denen niemals ein Orkan beobachtet worden ist, in andern dagegen sind, wenn auch nur ganz ausnahmsweise, Orkane fast in jedem Monate beobachtet worden.

24 stündige Unterschiede. Ein anderes Mittel, Unregelmäßigkeiten des Luftdruckes in den Tropen auf die Spur zu kommen, besteht darin, daß man die augenblickliche Ablesung mit der vor 24 und 48 Stunden vergleicht. Man schafft so den Einfluß der täglichen Wellen des Luftdruckes weg und erfährt auf die einfachste Weise, ob der Luftdruck an und für sich zu- oder abnimmt.

Bei der Beurteilung dieser 24 stündigen Unterschiede muß man beachten, daß in den Tropen das Barometer meistens etwas steigt, ehe man in die Orkanzone kommt, innerhalb deren es erst langsam, dann stetiger und schließlich — je nach Umständen — außerordentlich schnell fällt. Manche Orkane sind nämlich von einem Ringe höhern Luftdruckes umgeben, der sich durch ruhiges, schönes Wetter mit leichten Winden und hoher Wärme auszeichnet. Man nimmt an, daß hier ein Teil der Luft wieder niedersinkt, die im innern Teile des Wirbels aufgestiegen ist.

Bei den genannten Vergleichen, Verfolgung der täglichen Wellen und der 24 stündigen Unterschiede, spielt der Standfehler des Instrumentes keine Rolle, es kommt nur darauf an, daß es die Luftdruckunterschiede richtig anzeigt; anders bei der folgenden Methode.

Unterschiede gegen die Normalwerte. Einen dritten Anhalt gewährt der Vergleich des absoluten beobachteten Luftdruckes — Tagesmittel — mit dem aus vieljährigen Mitteln für den betreffenden Meeresteil und Monat bekannten Durchschnitte. Wenn nämlich in den Meeresstellen, wo Orkane entstehen oder vorkommen, der beobachtete absolute Luftdruck merklich tiefer als der normale Wert ist, liegt ein Grund zur verdoppelten Aufmerksamkeit vor, weil sich aus ursprünglich flachen, weit ausgedehnten Tiefdruckgebieten, besonders wenn in ihnen Regen fällt, und böiges Wetter eingesetzt hat, Orkane entwickeln können, und weil ausgebildete Orkane gern Luftdruckrinnen folgen. Hat ein solches Tiefdruckgebiet eine beträchtliche Ausdehnung in der Richtung von West nach Ost, besonders in den Breiten von 8 bis 15°, so bilden sich innerhalb einer solchen Furche wohl zwei Orkane gleichzeitig in nahezu gleicher Breite. Derartige Tiefdruckfurchen mit zwei Orkanen gleichzeitig oder dicht hintereinander sind aus allen drei Ozeanen bekannt.

Normaler Luftdruck. Nordbreite. Westindien, große bis kleine Antillen, August 762, September und Oktober 760 *mm*; Kap Verdesche Inseln, August bis Oktober 762 *mm*, Arabisches Meer, Aden - Colombo, Juni 759, weiter im Norden und Osten 756 *mm*; Bengalischer Meerbusen, Oktober 758 *mm*; Ostasiatische Gewässer, östlich von den Philippinen und den Liukiuinseln im August 758 *mm*, westlich davon im August 757 *mm*; Mexikanische Gewässer,

August 761 *mm*. Südbreite: Indischer Ozean, Januar und Februar 759 *mm*; Timorsee, Januar und Februar 755 *mm*; Stiller Ozean, Korallenmeer, Januar und Februar 757 *mm*; Stiller Ozean, Samoainseln, Januar und Februar 759 *mm*.

Genauere Angaben und Werte liefern die Atlanten der Deutschen Seewarte für die drei Weltmeere. Will man sich mit einem Werte begnügen, so dürfte 757 *mm* der geeignetste sein.

Unterschiede und tiefste Stände. Luftdruckunterschiede haben nicht überall in den Tropen dieselbe Bedeutung. So ist z. B. ein Fall von 1 *mm* in 10° Breite als Warnung von derselben Bedeutung, wie einer von 2 *mm* in 20° Breite, 3 *mm* in 30° Breite. Ein tatsächlicher Fall von 2 *mm* in 12° Breite, der also nicht einmal den Unterschied in den durchschnittlichen täglichen Ständen von 10 Uhr vormittags und 4 Uhr nachmittags erreicht, mahnt schon zur schärfsten Aufmerksamkeit auf alle Vorgänge in Luft und Wasser.

Der tiefste jemals in einem Orkane beobachtete Luftdruck soll 686 *mm* betragen haben; 690 *mm* werden mehrfach erwähnt, aber in den allermeisten Fällen geht er nicht unter 720 *mm* hinunter. Die Windstärke ist nicht unmittelbar von dem tiefsten Luftdrucke, sondern von dem Luftdruckgefälle (Gradienten) abhängig, d. h. von dem größten Luftdruckunterschiede auf einer Strecke von 60 Seemeilen. Es ist also sehr wohl möglich, daß in einem Orkane mit einem tiefsten Barometerstande von 740 *mm* die Windstärke größer ist als in einem solchen mit nur 725 *mm*. Die höchsten gemessenen Windgeschwindigkeiten betrugen 50 bis 60 *m* in der Sekunde, entsprechend 97 bis 116 Kn. Die Gradienten betrugen gewöhnlich nicht über 5 bis 8 *mm*, in einzelnen Fällen 15 bis 20 *mm* und mehr. Der höchste bisher beobachtete Gradient soll 24 *mm* betragen haben. Ein Gradient von 4 *mm* entspricht etwa Windstärke B 8, 5 *mm* B 10 und 6 *mm* B 12. Für Gradienten von 10 *mm* und darüber fehlt also eigentlich jede genauere Bezeichnung in der Beaufortskala und jeder Maßstab.

Die ersten Anzeichen. Die Hauptsache bei jedem tropischen Orkane ist die, daß der Seemann nicht unbewußt hineingerät, daß er möglichst bald darauf aufmerksam wird, um was es sich handelt, und daß er die Hauptsachen kennt, auf die es ankommt, also den Sinn der Wirbelbewegung in Nord- und Südbreite, die Veränderlichkeit der Peilung, und wovon sie abhängt, die Art der Entstehung, die ungefähre Bahnrichtung und Fortbewegung für die Gegend und Zeit der Beobachtung. Dabei ist es sehr wohl möglich, daß in vielen Fällen anscheinend ziemlich sichere Anzeichen versagen. Es wäre aber verkehrt, aus den wenigen eigenen, vielleicht ungünstigen Erfahrungen den Schluß ziehen zu wollen, daß die Anzeichen überhaupt unzuverlässig sind. Nicht auf ein einzelnes Anzeichen kommt es an, sondern auf die Gesamtheit und die Steigerung. Man kann z. B. in der Hauptzeit sehr wohl verdächtige Federwolken, auffallende Farben beim Sonnenauf- und -untergange und eine ungewöhnliche Dünung mit unregelmäßigen Luftdrucktageswellen beobachten, und es folgt vielleicht doch nichts, aus dem einfachen Grunde, weil der Orkan den Beobachter in diesem Falle nicht erreicht. In einem andern Falle beobachtet man vielleicht umlaufende Winde mit Regenschauern, die allmählich in Regenfall übergehen, erst leicht, dann schwer; leichte Böen treten auf, nehmen zu; die täglichen Luftdruckwellen behalten ihre Regelmäßigkeit noch bei; der Luftdruck sinkt aber stetig und ist einige Millimeter unter dem Normalwerte. Ehe man sichs versieht, setzt sich der Wind in einer Richtung fest und weht mit Stärke 9, 10 und 11. Man hat eine Entwicklung mitgemacht und es zunächst gar nicht bemerkt, vielleicht weil man weder Federwolken, noch auffallende Farben am Himmel, noch Dünung usw. beobachtet hat, oder weil man die Orkanzeit für beendet hielt.

Die Verhältnisse vor dem Orkane, besonders die Einleitung, sind nie wieder ganz dieselben, immer wieder treten Abweichungen auf. Je weniger man sich an ein vorher ausgedachtes Schema hält, je genauer man aber auf alles achtgibt, besonders auf ungewöhnliche Erscheinungen, die in den Tropen

besonders auffallen, um so eher und um so sicherer wird man das Herannahen eines Orkanes erst ahnen, dann erkennen und etwaigen Folgen meistens vorbeugen können.

Eine ungewöhnliche Windrichtung ist gelegentlich schon verdächtig, z. B. Nordostwind, in der Südsee, wo die vorherrschenden Richtungen Südost oder Nordwest sind; anderwärts ein verstärkter Passat oder Monsun.

Es folgen nun Betrachtungen über die ältern Orkanregeln und die notwendigen Ergänzungen derselben, die den praktischen Nautiker hauptsächlich interessieren und wegen deren auf das Original verwiesen wird.

Bahnrichtungen der Orkane. Westindien. Die meisten Orkane entstehen etwas östlich von den kleinen Antillen; vereinzelt finden sich auch Anfänge im nördlichen Teile des Golfes von Mexiko und im Golfstrome nördlich von den Bahamainseln. — Die Bahnrichtungen sind südlich von 17° nördl. Breite in allen Monaten West bis Nordwest, zwischen 17 und 20° nördl. Breite vor Mitte September West bis Nordwest, nach Mitte September Nordwest bis Nord; bei 23 und 24° nördl. Breite und weiter nördlich nach Mitte September Nord bis Nordost. — Je östlicher die Bahn liegt, um so nördlicher liegt der Scheitel. — Der Häufigkeit der Orkane nach geordnet ist die Reihenfolge der Monate: August, September, Oktober, Juli (November, Juni). — Die Orkanwolke ist häufig beobachtet worden. — Obwohl die Orkane selten sind, treten sie doch manchmal zu zweien bald nacheinander und nicht weit voneinander auf.

Kap Verdesche Inseln. Die Richtung der Orkane ist nordwestlich; Zeiten: August, September, Oktober. — Sie sind hier außerordentlich selten.

Arabisches Meer. Das Entstehungsgebiet liegt im südlichen Teile; ganz vereinzelt überschreiten sie auch, vom Meerbusen von Bengalen kommend, die Südspitze von Vorderindien. — Die Richtung ist südlich von 15° nördl. Breite West bis Nordwest, weiter nördlich Nordwest bis Nordost. — Die Reihenfolge der Monate ist: Juni, Mai, November, April (Oktober, September). — Sie sind außerordentlich selten.

Bengalischer Meerbusen. Sie entstehen im südlichen, mittlern und nördlichen Teile des Meerbusens; ganz vereinzelt kommen sie aus dem südchinesischen Meere und überschreiten die Halbinsel von Malakka. — Ihre Bahnrichtung ist West bis Nordwest in allen Monaten südlich von 15° nördl. Breite; nördlich von 15° nördl. Breite ist sie bis Ende September ebenfalls West bis Nordwest, von Oktober an aber Nord bis Nordost. — Die Reihenfolge der Monate ist: Oktober, Mai, November, Juni (Dezember, April).

Westhälfte des südlichen Indischen Ozeanes. Sie entstehen in der Zone zwischen den Chagosinseln und 12° südl. Breite. — Die Bahnrichtung ist West bis Südwest in allen Monaten bis 15° südl. Breite. Der Scheitel der Bahnen, die nach Süd und Südost umbiegen, liegt um so südlicher, je weiter westlich die Bahn liegt. — Die Reihenfolge der Monate ist; Januar, Februar, März, April, Dezember, November (Mai).

Osthälfte des südlichen Indischen Ozeanes. Die Richtung scheint meistens West bis Südwest bis zum Wendekreise zu sein, darüber hinaus Süd und Südost. — Sie scheinen hier ebenso selten zu sein wie im Arabischen Meere und bei den Kap Verdeschen Inseln. Es sind nur vereinzelte Bahnen bekannt.

Ostasiatische Gewässer. Das Gebiet, in dem Orkane entstehen, hat hier die größte Ausdehnung; es erstreckt sich von den Marschallinseln westlich bis in die Nähe der Philippinen, und von den Liukiuinseln bis zu den Bonininseln. Ganz vereinzelt treten Anfänge westlich von den Philippinen und gleichzeitig östlich davon auf. — Früh und spät im Jahre halten sich die Orkane mehr im Süden, in der Hauptzeit mehr in der Mitte und im Norden, nach der Hauptzeit in größerer Entfernung vom asiatischen Festlande als während der Hauptzeit. — Zieht man von Shanghai eine Linie nach

den Liukiu- und von da weiter östlich nach den Bonininseln, so sind in der Hauptzeit die Richtungen südlich von dieser Linie West bis Nordwest, nördlich davon Nord bis Nordost; im November dagegen bezeichnet der 20. Breitengrad die entsprechende Grenzlinie zwischen den Richtungen West bis Nordwest, Nord bis Nordost. — Zur Zeit des Nordostmonsuns kommen im südchinesischen Meere ganz vereinzelt Richtungen zwischen West und Südwest vor, ebenso unterhalb 20° nördl. Breite ganz vereinzelt kurze Parabeln mit sehr kurzem Aste nach Nordost, auf dem sehr bald die Auflösung des Orkanes erfolgt. — Die Reihenfolge der Monate ist: September, August, Oktober, Juli, November, Juni, Mai (April, Dezember). Die Reihe von November an gilt fast nur für den südlichen Teil des Gebietes.

Die Westhälfte der Südsee. Die meisten Orkane entstehen innerhalb eines Gebietes, das nördlich von einer Linie liegt, die Neukaledonien mit den Fidjiinseln verbindet, dann nach den Samoainseln läuft und bei den Markesasinseln als schmaler Keil endet. Je weiter nach Osten in diesem Keile, um so seltener die Orkane, bis sie östlich von den Markesas- und Paumotouinseln ganz verschwinden. Im Korallenmeere, westlich vom Meridiane von Neukaledonien, sind sie auch verhältnismäßig seltener. — Die Richtungen sind im Korallenmeere Südwest; erreicht der Orkan die Küste des Festlandes, und betritt er es, so löst er sich bald auf, andernfalls folgt er der Küstenrichtung nach Südosten. Im Süden der Verbindungslinie Südende von Neukaledonien, Fidji-, Samoa-, Markesasinseln herrscht die Richtung Südost fast ausnahmslos vor, im Norden der Verbindungslinie kommen daneben auch die Richtungen Süd und Südwest vor. Bei vielen Orkanen fehlt der äquatoriale Parabelast ganz, bei den meisten ist er verkümmert. — Die Reihenfolge der Monate ist Januar, Februar, März, Dezember, April (November).

Mexikanische Gewässer der Westküste. Die Orkane entstehen meist in der Zone zwischen 5 und 15° nördl. Breite. — Ihre Richtung ist unterhalb 20° nördl. Breite West bis Nordwest, in See auch noch weiter nördlich West bis Nordwest; nur beim Eingange zum Golfe von Kalifornien kommen im September und Oktober auch die Richtungen Nord bis Nordost vor. — Die Reihenfolge der Monate ist: Oktober, September — Auftreten besonders unter der Küste, Richtung mehr Nordwest — Juli, August — Auftreten besonders weiter in See, Richtung mehr West —, November, Juni (Dezember). Im Herbste haben die Orkane allgemein die Neigung, in der Nähe des Kalifornischen Meerbusens auf das Festland zu gehen.

Einige allgemeine Bemerkungen. Die Regelmäßigkeit der Bahnen innerhalb der Tropen hängt mit den durchschnittlichen Luftdruckverhältnissen eng zusammen; man braucht nur Monatskarten des mittlern Luftdruckes irgend einer Gegend zur Hand zu nehmen nebst Orkanbahnen, um sofort den Zusammenhang zu erkennen. Nun hat aber der Seemann in vielen Häfen der Welt tägliche Wetterkarten zur Verfügung, aus denen er eine laufende Übersicht des Wetters in weitem Umkreise in den Tropen erhalten kann. Es sei hier an die nordamerikanischen, mexikanischen, indischen, australischen und japanischen Wetterkarten erinnert, die alle ganz oder teilweise in den Tropen liegen oder in den Übergangsgebieten und eine Übersicht des Luftdruckes geben. Mit Hilfe solcher Wetterkarten wird man beim Auftreten eines Orkanes häufig verhältnismäßig sichere Schlüsse über die weitere Bahn machen können.

Auch ohne Wetterkarten kann man sich gelegentlich erste Anhaltspunkte verschaffen. So darf man in der Südsee, wenn sich die Regenzeit verspätet, oder während derselben eine lange, trockene, heiße Periode auftritt, eher auf einen oder auch mehrere Orkane hintereinander rechnen als sonst. Erkundigungen nach der Witterung der verflossenen Wochen bei der Ankunft im Hafen und eigene Beobachtungen daselbst haben deshalb mehr als ein oberflächliches Interesse, denn ganz orkanfreie Häfen gibt es auf den Inseln nicht."

Der Ponape-Taifun vom 20. April 1905 ist von W. Krebs studiert worden.[1]) Dieser Taifun scheint hiernach am 18. April 1905 nahe der Südostseite des deutschen Schutzgebietes in der nördlichen Südsee entstanden zu sein. Er verheerte am 19. April die Inseln Kussaie und Pingelap, am 20. April Mokil und Ponape, die Hauptinsel der Karolinen, mit ihrer Nachbarschaft. Hier fand er genaue Beobachtung an zwei um 9 Seemeilen voneinander entfernten Stationen.

Luftdruck- und Windbeobachtungen lassen erkennen, daß das Sturmzentrum seinen nach West zu Nord gerichteten Weg zwischen beiden Stationen hindurch nahm, Langarhafen etwas näher als Keparalap. Wahrscheinlich fiel er ein in die der Ostküste Ponapes tief eingeschnittene Bucht von Metalanim und folgte zunächst dem Tale des in diese mündenden Pilapletaubaches. Sein fernerer Weg fiel dann ungefähr zusammen mit der Talsenkung zwischen der nördlichen und der mittlern der drei Bergketten, die Ponape von Ostsüdost nach Westnordwest durchziehen. Die nördliche beginnt mit dem 304 *m* hohen Majijoberge, die mittlere gipfelt mit dem zentralen und höchsten Berge Ponapes, dem 872 *m* hohen Tolokole. In Langarhafen wurde ein Drehen des Windes bei gleichbleibender Orkanstärke von nordöstlicher nach südöstlicher Herkunftsrichtung bemerkt, auf Keparalap von nördlicher nach südlicher, unter Abflauen der Zwischenrichtungen, offenbar infolge des von den Bergen im Osten gebotenen Hindernisses. Denn der Luftdruck ging hier nur auf 717 *mm* herab, in Langarhafen dagegen unter 714. Er wurde an beiden Orten mit den der Luftdruckbewegung niemals ganz folgenden Aneroidbarometern gemessen.

Um so auffallender tritt die Stärke des Fallens entgegen. Sie betrug auf Keparalap 12,5 *mm* in der Stunde von $1^h\ 45^m$ bis $2^h\ 45^m$ nachmittags, bei Langarhafen sogar 15 *mm* in der Stunde von 2 bis 3 Uhr nachmittags. Die stärksten in der Taifunliteratur bisher vorliegenden Barometerstürze innerhalb einer Stunde erreichten 33.4 *mm* bei dem „C. H. Wätjen“-Taifun am 3. März 1903 in der südlichen Südsee, 22.9 *mm* bei dem „Ciudad de Santander“-Taifun am 17. August 1879 im östlichen Nordatlantic, 13.5 *mm* bei dem Mauritius-Taifun vom 29. April 1892, 12.2 *mm* bei dem Manila-Taifun vom 26. Oktober 1882. Die Barometerstürze bei dem Ponape-Taifun vom 20. April 1905 machen demnach die dritte und die fünfte Stelle der bisher verzeichneten stärksten Barometerstürze streitig.

An Stärke des Anstieges hinter dem Tief kann sich mit dem Ponape-Taifun anscheinend überhaupt kein in der Literatur dargestellter messen. Mit 27 *mm* innerhalb der einen Stunde zwischen $3^h\ 30^m$ und $4^h\ 30^m$ ist die ansteigende Kurve von Keparalap ungefähr doppelt so steil als diejenigen der erwähnten Manila- und Mauritius-Taife. un Mit der Messung im Langarhafen verhielt es sich freilich

[1]) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 411.

anders. Der steilste Anstieg innerhalb einer Stunde erreichte nicht mehr als 12.7 *mm*.

Für die ungewöhnlich große Stärke des Taifuns sprach auch seine Lebensdauer. Sie reichte über zwölf Tage aus und bis in das südchinesische Meer. Der Ponape-Taifun hatte den eigenartigen Vorzug, von den Karolinen an bis zu den Philippinen von einem mustergültig geführten Schiffe geradezu eskortiert zu werden. Es war der amerikanische Transportdampfer „Thomas", der vom 24. bis 28. April in erst 200, schließlich etwa 50 Seemeilen Entfernung nördlich neben dem Taifuntief herlief, mit einer Geschwindigkeit von 200 bis 300 Seemeilen am Tage, die ungefähr der Geschwindigkeit von dessen Fortschreiten entsprach. Am 28. April, etwa 100 Seemeilen von den Philippinen, 45 Seemeilen von dem Zentrum des Taifuns, als der nach südsüdöstlicher Richtung gedrehte Wind fast zum Orkane, mit Stärke 10 oder sogar 12 ausgeartet war, ließ der „Thomas" dem Taifun wohlweislich den Vortritt. In einem Bogen schwenkte er an dessen Rückseite nach Westsüdwest ab, kreuzte die Bahn des vorübergeschrittenen Tiefs und begab sich unter den Windschutz der Insel Samar und der Halbinsel Camarina, des Südostzipfels von Luzon.

Bemerkenswert war das Abnehmen des Taifuntiefs auf dem langen Seewege. Während es, auch in dem abgeschwächten Bilde der Aneroidablesungen auf Ponape, die Tiefe von 717 *mm* zu Keparalap, weniger als 714 *mm* im Langarhafen aufgewiesen hatte, ließ es an philippinischen Stationen den Luftdruck nirgends unter 738 *mm* sinken. Diese Barometerstände wurden Stationen zuteil, die der Taifun beim Überschreiten des nördlichen Luzon am nächsten passierte.

Die Stationen, zwischen denen der Taifun den luzonischen Boden verließ, San Fernando und Bolinao an der Westküste, verzeichneten als tiefste Barometerstände 750 und 751.3 am Abend des 29. April, obgleich sie dem Sturmzentrum noch näher lagen als Baguio. Ein Dampfer „Yuensang", der am 30. April westlich von Luzon dem Zentrum auf 40 Seemeilen nahe kam, verzeichnete nicht weniger als 752.1 *mm* Luftdruck.

Dieses Schiff, das von einem chinesischen Hafen nach Manila bestimmt war, hatte die erste Kunde vom nahenden Taifun schon am Vortage, dem 29. April, erhalten. Damals befand es sich in der Höhe des Balintangkanales, nördlich Luzon, unter 19.7° nördl. Breite, 116.2° östl. Länge, während das Taifunzentrum noch östlich von Luzon, etwa unter 15° nördl. Breite, 123° östl. Länge lag. Die Entfernung von diesem bis zum „Yuensang" betrug in der Luftlinie mindestens 500 Seemeilen. Obgleich zu ihr noch der Umweg um den größern Nordteil der Insel Luzon kam, gelangte der Schwell beim „Yuensang" doch als „schwere See" vom Balintangkanale aus zur Geltung.

Die Wasserhosen von Cottage City (Massach.) am 19. August 1896 sind von Prof. Frank H. Bigelow genau untersucht worden.[1] Er gibt an der Hand zuverlässiger Berichte und gestützt auf eine Reihe photographischer Aufnahmen eine genaue Beschreibung der Erscheinung und behandelt schließlich die dynamischen Bewegungen und die thermodynamischen Verhältnisse der Atmosphäre bei Cottage City während des Vorganges. Im ganzen wurden damals drei mächtige Wasserhosen über dem Vineyard-Sound gesehen in einer Entfernung von etwa 10 engl. Meilen von Cottage City. Die erste bildete sich gegen $12^h\ 45^m$, die zweite gegen 1^h, die dritte gegen $1^h\ 20^m$ bei gewitterhaftem Wetter. Wegen der Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden. Tafel 6 zeigt das Aussehen der zweiten Trombe nach einer photographischen Aufnahme, $1^h\ 2^m$ nachmittags.

Wolken und Niederschläge.

Doppelte Bewegung der Cirruswolken. In seinen Studien über die Cirruswolken[2] hat Dr. Klein schon vor fünf Jahren bemerkt, daß diese Wolken eine doppelte Bewegung besitzen, nämlich eine allgemeine Drift mit den Luftmassen, in denen sie sich befinden, und eine eigene Bewegung, die von jener verschieden ist. Diese Beobachtungen hatte er fortgesetzt und teilt jetzt einige weitere Resultate mit.[3]

Nicht alle Cirrusstreifen lassen diese beiden Bewegungen zugleich erkennen, entweder, weil beide Bewegungen in ihrer Richtung bisweilen zusammenfallen, oder weil die eine oder die andere Bewegung jeweilig so langsam erfolgt, daß sie sich der Wahrnehmung entzieht. Diesen Ursachen ist es jedenfalls auch zuzuschreiben, daß vor seiner Veröffentlichung die doppelte Bewegung der Cirrusstreifen nirgendwo erwähnt wird. Nachdem Dr. Klein aber auf dieselbe aufmerksam geworden, hat er sie häufiger wahrgenommen und mit Bezug auf sie eine neue Reihe von Cirrusbeobachtungen begonnen, die sich nicht auf Terminbeobachtungen beschränkten, sondern bei denen die möglichst andauernde Überwachung der Cirrusgebilde angestrebt wurde. Solche ist sehr schwierig und übersteigt die Kräfte des einzelnen bei weitem. Denn Cirren sind bei heiterm Himmel, außer vielleicht in den zentralen Gebieten eines barometrischen Maximums, fast stets im Laufe des Tages zu entdecken, vielfach freilich nur höchst schwach ausgedrückt und so spärlich, daß sie bei den Terminbeobachtungen, die lediglich die größern oder sonst augenfälligen Formen berücksichtigen, nicht mit-

---

[1] Monthly Weather Review 1906. Nr. 7.
[2] Dieses Jahrbuch. **12.** p. 388; Meteorolog. Zeitschr. 1901. p. 157.
[3] Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 67.

gezählt wurden. Daher ist auch die an die elfjährige Sonnenfleckenperiode geknüpfte Periodizität der Cirren präziser dahin auszudrücken, daß in den Maximaljahren der Sonnenflecke das Cirrusphänomen am intensivsten entwickelt ist, in den Minimaljahren am schwächsten.

Die Beobachtung der Cirrusformen, ihrer Bewegungen und Umwandlungen, ist an und für sich sehr schwierig und tritt dadurch völlig aus dem Rahmen der gewöhnlichen meteorologischen Beobachtungen heraus. Die einzelnen Formen und ihre Verteilung über den Horizont, sowie die bezüglichen Veränderungen sind sehr schwer festzustellen. Am besten scheint es, hierzu die Hilfe der Photographie in Anspruch zu nehmen; allein Versuche, die Dr. Klein in dieser Beziehung veranlaßte, ergaben keine befriedigenden Resultate. Dann hat er eine Zeitlang Zeichnungen der einzelnen Cirrusformen und ihrer scheinbaren Lagen entworfen, wobei das Himmelsgewölbe auf die Ebene des Horizontes projiziert gedacht wurde; aber auch diese Zeichnungen gewährten kein der Mühe und der aufgewandten Zeit entsprechendes Ergebnis. So ist er schließlich zu der Bezeichnung der Formen zurückgekehrt, die seinen frühern Aufzeichnungen zugrunde lagen, und welche in seiner oben genannten Abhandlung näher angegeben sind.

Anfangs hatte er vor, über seine Beobachtungen erst zu berichten, nachdem sie auf einen Zeitraum sich erstreckten, der genügend ist, um alle möglicherweise vorkommenden Doppelbewegungen und deren Beziehungen zu den verschiedenen Lagen der Depressionen und barometrischen Maxima zu umfassen. Indessen ergab sich, daß dieser Zeitraum sehr viele Jahre umfassen wird, und ferner, daß für ein genaueres Studium dieser Bewegungen in bezug auf die Luftdruckverteilung eine einzige Station nicht ausreicht. Aus diesen Gründen, und weil das Studium der Doppelbewegung der Cirrusstreifen von größter Wichtigkeit für die Erforschung der Bewegungsverhältnisse der obern Luftschichten ist, hat er einige der instruktivern Aufzeichnungen mitgeteilt. Unterscheidet man zwischen der allgemeinen Drift, in welcher die Cirrusstreifen sich befinden, und an der sie teilnahmen, sowie der Eigenbewegung (motus proprius) der Materie, aus der sie bestehen, so scheinen die Beobachtungen anzuzeigen, daß sie verschiedenen Quellen entspringen. Auch fand sich, daß stürmische Luftbewegung sich fast immer einstellte, sobald Drift und Eigenbewegung der Cirren aus der zugehörigen Depression hinausführten, jedoch niemals, wenn dieselben in eine Depression hineinführten. Man könnte sich für diese Tatsache leicht eine, theoretische Deutung zurechtlegen, doch geht Verfasser hierauf nicht ein, da es sich für ihn „nicht um Theorien und hypothetische Grillen" sondern nur um die Ermittlung von Tatsachen handelt. Die allgemeine Drift, an welcher die Cirruswolken passiv teilnehmen, scheint in hohem Grade von der Lage des Depressionszentrums unabhängig

zu sein. Sie ist durchgängig von West nach Ost gerichtet und schwankt zwischen Nordwest und Südwest, wobei die Richtung aus Nordwest bevorzugt erscheint. Doch wurde ausnahmsweise, als ein Depressionszentrum im Westen lag, auch Drift aus Nordost beobachtet.

Von den Aufzeichnungen möge hier nur das Verhalten der Cirrusbewegungen zu der Luftdruckverteilung in der Zeit vom 29. bis 30. August 1904 angeführt werden.

„Am 28. August breitete sich ein ausgedehntes Hochdruckgebiet von den baltischen Inseln bis nach Österreich und dem südlichen Frankreich hin aus. Dasselbe erhielt sich auch noch am 29. August, doch machten sich an diesem Tage 8 Uhr vormittags über der Biskayasee die ersten Anzeichen einer Depression erkennbar. Dieselbe griff bis zum Abende mehr nach dem südwestlichen Frankreich über und zog sich am 30. August nordwärts, auch erschien an diesem Morgen vor dem St. Georgs-Kanale eine sekundäre Depression, welche im westdeutschen Binnenlande Trübung und etwas Regen brachte.

Vergleicht man mit diesen Luftdruckverhältnissen, wie sie genauer in den täglichen Wetterberichten der deutschen Seewarte Nr. 241 bis 243 niedergelegt sind, die von Dr. Klein beobachteten Bewegungen der Cirrusmassen, so ergibt sich, als Beobachtungstatsache, frei von jeder Hypothese, folgendes:

August 29 wurden die Cirrusstreifen von einer Drift in der ihnen entsprechenden Höhe, direkt gegen die Depression hin bewegt, während sich die Cirrusmassen, aus denen sie bestanden, senkrecht zu dieser Richtung und nahezu parallel der Isobare von 760 *mm* (2 Uhr nachmittags am 28. August) mit größerer Geschwindigkeit bewegten. Diese Geschwindigkeit erlahmte aber allmählich, und der Streifen löste sich in Cirrusfäden auf, deren Richtung und Bewegung direkt auf die Depression über der Biskayasee hinzielten.

Am 30. August war bei völlig wolkenlosem Himmel von Cirrus nichts zu sehen. Am 31. August morgens lag das Zentrum der unter dem 28. erwähnten Depression nördlich von Schottland, und ein Ausläufer erstreckte sich in der Richtung gegen die mittlere Nordsee; abends 8 Uhr zeigte sich, daß die Depression in dieser Richtung und südostwärts sich verlagerte, und am 1. September 8 Uhr vormittags lag ihr Zentrum über der Helgoländer Bucht, einen Ausläufer in der Richtung auf Sachsen zu entsendend. Aus diesem entwickelte sich eine kleine sekundäre Depression, die sich als selbständiges Gebilde rasch nach Ungarn hin entfernte.

Vergleicht man mit diesen Luftdruckverhältnissen die Ergebnisse der Cirrusbeobachtungen, so erhalten wir folgende Tatsachen:

Am 31. August wurden die Cirrusstreifen als Ganzes von einer allgemeinen Drift in der ihnen entsprechenden Höhe senkrecht zur Linie nach der Depression fortgetrieben, und zwar von Südwest nach Nordost, während die einzelnen Cirrusmassen, aus denen sie bestanden, direkt und mit rascherer Bewegung in die Depression hineinzogen, von Südost nach Nordwest.

Die Bewegungsverhältnisse der Cirrusmassen als Streifen und im einzelnen waren am 29. und 31. August genau die entgegengesetzten, während sich das Zentrum der entsprechenden Depression vom 29. bis 31. August abends, mit Bezug auf den Beobachtungsort (Köln), um etwa 90° im Azimut verlagert hatte.

Die Gelegenheit, Beobachtungen anstellen zu können, wie die vorstehend erwähnten vom 29. bis 31. August und die Beziehungen der Cirrusbewegung zu der korrespondierenden Depression so unzweideutig zu erkennen, ist sehr selten. Es ergibt sich aus ihnen, daß auf der Nordostseite der gegen Nordost vorrückenden Depression in der Cirrusregion eine allgemeine zentripetale Luftströmung oder Drift gleichzeitig mit einer solchen von antizyklonaler

Richtung bestand, während an der Südseite der nach Osten sich bewegenden Depression ebenfalls eine zentripetale Luftströmung gleichzeitig mit solcher von zyklonaler Richtung vorhanden war, letztere trat als allgemeine Drift von Südwest nach Nordost in die Erscheinung."

Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten sind von G. Hellmann in einem großen, drei Bände umfassenden Werke dargestellt worden.[1]) Von diesem, fast gänzlich aus Tabellen bestehenden fundamentalen Werke kann naturgemäß keine seiner Wichtigkeit entsprechende ausführliche Darlegung an dieser Stelle gegeben werden. Es muß genügen, darauf hinzuweisen, daß dieses Quellenwerk in Anordnung und Durchführung mustergültig ist, und daß es in 3983 Stationen die sämtlichen Beobachtungsreihen im Gebiete von Weichsel, Oder, Elbe, Weser und Rhein bis 1890 umfaßt. Exzessive Niederschläge sind, wie Hellmann schon früher gefunden, an den deutschen Flachküsten sehr selten, dagegen im entferntern Binnenlande, z. B. in Böhmen, ziemlich häufig. Sie treten am meisten ein in den Monaten Juni, Juli und August, seltener im Mai und September, noch viel seltener im Oktober und April; diese Verteilung auf die Monate ist verständlich, wenn man sich erinnert, daß die größten Regenfälle bei Gewittern vorkommen. Das absolute Maximum eines Landregens wurde am 29. und 30. Juli 1897 in Neuwiese bei Reichenberg im nördlichen Böhmen registriert und betrug (für den 29. Juli) 345 *mm*. In der 50 jährigen Periode war 1857 das trockenste, 1882 das nasseste Jahr. In Bremen kamen einmal zehn zu nasse Jahre hintereinander vor, in Klaussen ebenso elf zu trockene Jahre. Die Häufigkeit trockener Jahre ist doppelt so groß als die nasser; am häufigsten ist der Winter zu trocken, am seltensten der Sommer, auch besitzt die Trockenheit eine größere Ausbreitung als die Nässe. Die längste Regenperiode, nämlich 33 Tage, hat Cleve aufzuweisen (1869 13. Oktober bis 14. November), die längste Trockenperiode mit 45 Tagen Trier (1893 20. März bis 3. Mai). Die Vergleichung der mittlern Werte aller Stationen mit den Sonnenflecken ergab, bei Anwendung einer Ausgleichsrechnung, daß innerhalb der elfjährigen Fleckenperiode zwei Maxima des Niederschlages eintraten, die fast genau mit den Wendepunkten der Sonnenfleckenkurve zusammenfallen, ähnlich wie Buchan schon für Schottland gefunden. Die 35 jährige Brücknersche Periode tritt wenigstens teilweise hervor, auch erscheint das von Brückner für fast ganz Europa nachgewiesene Niederschlagsmaximum von 1876 bis 1880 und das Minimum von 1861 bis 1865 gut ausgeprägt, freilich nicht so, daß man darauf eine Vorausbestimmung nasser oder trockener Jahre begründen könnte.

Die größten Tagessummen des Regenfalles auf Ceylon teilt Prof. J. Hann, nach dem Ceylon Administration Report, 1904, Part IV,

[1]) Berlin 1906. Verlag von Dietrich Reimer.

mit.[1]) Es sind folgende, wobei die eingeklammerten Zahlen die Zahl der Jahre bezeichnen, innerhalb deren das betreffende Maximum fällt.

Puttalam	306 *mm*,	8./9. Mai 1883 (34 Jahre)
Horekele (Chilaw)	356 „	12./13. Juli 1878 (33 Jahre)
Kanangoma (Avisavela 200 Fuß) .	401 „	31. Mai/1. Juni 1891 (21 Jahre)
Digalla (ditto) 400 Fuß)	304 „	31. Mai/1. Juni 1891 (18 Jahre)
S. Martins (Rangola 3600 Fuß) .	427 „	17./18. Dezember 1894
„ „ .	476 „	14/15. Dezember 1896 (18 Jahre)
Yatideriya (Kegalla)	323 „	20/21. Mai 1904 (17 Jahre)
Dooroomadella	318 „	17./18. Dezember 1904 (1 Jahr)

Über tropische Regen überhaupt macht Woeikof folgende Bemerkungen:[2])

„Der westliche Teil von Java ist ein klassischer Boden für das Studium tropischer Regen geworden, denn in Buitenzorg, in der Nähe von Batavia, machte Wiesner seine Untersuchungen über Größe der Regentropfen und die in sehr kurzen Zeiten gefallenen Regenmengen mit einer früher nicht erreichten Präzision. Die Arbeiten dieses Botanikers zerstörten die Legende der „in Wasserfäden fallenden Tropenregen", und Dr. Figee gibt uns in seiner Arbeit über Batavia die ersten langjährigen Daten über wirkliche Regendauer und entsprechende Regenmenge in Batavia.

Wir wissen jetzt nicht nur, daß die Tropenregen nicht „in Wasserfäden" fallen, sondern auch, daß die Tropenregen sehr verschieden sind nach Intensität, Tages- und Jahreszeit des Maximums usw. Die Meteorologische Zeitschrift hat schon wiederholt Nachrichten über vorwaltende Nachtregen in verschiedenen Teilen der Tropen veröffentlicht. Daher wäre eine größere Anzahl Regenautographen, welche die wenigstens in fünf Minuten gefallene Regenmenge messen, sehr erwünscht, ebenso ihre Bearbeitung und deren Druck.

Im Ostindischen Archipel sind schon mehrere Regenautographen aufgestellt. Vom Jahre 1902 an werden die Beobachtungen zweier Stationen auf Java, des sehr regenreichen Buitenzorg und des relativ regenarmen Pasuruan, zusammen mit denjenigen von Batavia gedruckt, und seit 1905 sind solche Regenmesser in Padang (Sumatra), Pontianak und Amboina aufgestellt; alle drei sind sehr regenreiche Stationen.

Auf den Antillen sind zwölf Regenautographen aufgestellt, und die Beobachtungen während der intensivsten Regen von fünf zu fünf Minuten, wurden in der Monthly Weather Review publiziert.

Ich nahm diese Zahlen für zwei Jahre, und es fand sich, daß der intensivste Regenfall nicht über 3.1 *mm* pro Minute oder 186 *mm* pro Stunde betrug, also auch erheblich hinter den Maximis in mittlern Breiten blieb.

1) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 431.
2) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 439.

Ich habe schon lange aus eigener Erfahrung, und namentlich nach Aussagen glaubwürdiger Einwohner, behauptet, daß bei weitem nicht alle Regen in den Tropen als Platzregen fallen, daß unsere Landregen auch dort bekannt sind. An der pazifischen Küste von Mexiko und Guatemala haben sie auch einen besondern Namen (temporal).

Es scheint mir möglich, folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Die Intensität der tropischen Regen ist im Mittel größer als in mittlern Breiten.

2. Der Unterschied ist nicht sehr groß.

3. Die intensivsten Platzregen sind bis jetzt in mittlern Breiten beobachtet worden.

4. „Landregen", und selbst sehr feine, schwache Regen, sind in vielen Gegenden der Tropen bekannt und haben selbst besondere Namen.

5. Die größten Regenfälle an einem Tage sind außerhalb der Tropen beobachtet worden, so in Cherrapunschi (Assam) 1040 *mm*, in Tanabe in Japan 902 *mm* und an zwei andern Orten im nördlichen Indien über 800 *mm*.

6. Es ist wahrscheinlich, daß die intensivsten Regen in den Tropen während großer Zyklonen fallen.

7. Eine größere Zahl Regenautographen und detaillierte Bearbeitung der Resultate, wenigstens für die intensivsten Regen, ist wünschenswert.

8. Es wäre besonders interessant zu wissen, ob auch in den Tropen, wie in mittlern Breiten, die große Regenmenge der Stationen an der Windseite der Berge nicht von der größern Intensität, sondern von der längern Dauer der Regen abhängt, was ich wahrscheinlich finde."

Niederschlag, Abfluß und Verdunstung auf den Landflächen. Eine sorgfältige Untersuchung hierüber hat Dr. R. Fritzsche ausgeführt.[1]) Er findet die gesamte jährliche Niederschlagsmenge der festen Erdoberfläche zu 111 940 $\pm$ 160 *cbkm*, entsprechend einer Niederschlagshöhe von 75 *cm*. Niederschlagshöhe und Verdunstung der einzelnen Zonen fanden sich wie folgt:

	Niederschlagshöhe *mm*	Verdunstung *mm*
60—70° nördl. Br.	348	—
50—60 „ „	504	358
40—50 „ „	508	331
30—40 „ „	522	375
20—30 „ „	786	497
10—20 „ „	947	794
0—10 „ „	1716	} 1188
0—10° südl. Br.	1820	
10—20 „ „	1100	903
20—30 „ „	630	414
30—40 „ „	573	511
40—50 „ „	870	—
50—60 „ „	1021	—

[1]) Ztschr. für Gewässerkunde **7**. Heft 6.

Der jährliche Regenfall der ganzen Erde beziffert sich auf 465 300 *cbkm*, entsprechend einer Regenhöhe von 910 *mm*.

Für die drei von Brückner unterschiedenen Gebiete kommt Fritzsche zu folgendem Ergebnisse:

1. Auf den Weltmeeren (361 000 000 *qkm*) übersteigt die Verdunstung die Niederschlagsmenge um den Betrag der jährlichen Wasserführung der Flüsse. Aber nur 8% des entstehenden Wasserdampfes tritt auf das Festland über, 92% der auf dem Weltmeere verdunsteten Wassermenge fallen als Regen wieder auf dasselbe zurück und schließen damit den kleinen Kreislauf des Wassers.

2. Auf den peripherischen Landflächen (117 000 000 *qkm*) beträgt der Niederschlag fast das $1^1/_2$fache der Verdunstung. Es findet ein steter Übertritt von Wasserdampf vom Meere auf das Festland statt, dessen Betrag dem Meere durch die Flüsse wieder zugeführt wird. Aber 70% der auf diesem Gebiete fallenden Niederschläge entstammen der Verdunstung auf den Landflächen. Der Hauptbetrag des festländischen Regens kommt also, entgegen den ältern Anschauungen hierüber, nicht vom Meere.

3. Die abflußlosen Gebiete (32 000 000 *qkm*) sind aus dem allgemeinen Kreislaufe des Wassers gewissermaßen ausgeschaltet. Verdunstung und Niederschlag halten sich hier das Gleichgewicht. Soviel Wasserdampf diesen Gebieten durch Luftströmungen zugeführt wird, wird auch anderseits durch sie wieder fortgeführt.

Luftelektrizität.

Messungen des Ionengehaltes der Luft auf dem Säntis hat im Sommer 1905 Dr. V. Conrad ausgeführt.[1])

Die Messungen wurden mit dem Ebertschen Aspirationsapparate, gemacht.

Es ergaben sich folgende Schlußfolgerungen:

1. Die tägliche Änderung des Gehaltes an positiven Ionen (ϱ_+) zeigt einen bedeutend andern Typus als die tägliche Änderung des Gehaltes an negativen Ionen (ϱ_-).

2. Der tägliche Gang von ϱ_+ wird in erster Linie durch die aus dem Boden austretende Emanation und erst in zweiter Linie durch die Vertikalbewegungen der Luft beeinflußt.

Der tägliche Gang von ϱ_- steht nahezu ganz unter dem Einflusse der auf- und absteigenden Luftbewegungen, und erst in zweiter Linie tritt in ihm die Einwirkung der Bodenluft zutage. Die Größe der Amplitude ist wohl zum größten Teile durch Änderungen der Beweglichkeit der negativen Ionen verursacht.

---

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1906. p. 351.

Das Hauptmaximum von $\varrho_{\mp}$ fällt auf ca. 11^h a., jenes von ϱ_- auf 3^h a. Beide Hauptminima fallen auf ca. 3^h p. Um 3^h a. hat ϱ_+, um 11^h a. ϱ_- ein sekundäres Maximum.

3. Sämtliche auf dem Säntis gefundene Beobachtungstatsachen lassen sich durch die Annahme der Ionisierung der Luft durch die Emanation der Bodenluft und durch die Wirkungen der vertikalen Luftbewegungen erklären.

Magnetische Wirkungen des Blitzes auf vulkanische Gesteine. Gaetano und Giovanni Platiana erforschten, wie sie der Pariser Akademie mitteilten, den Magnetismus von Gesteinen des Ätna und prüften, ob die bei dem Baue eines Hauses in Acireale benutzten Blöcke basaltischer Lava irgendwelche magnetischen Erscheinungen zeigten. Nur eine ganz schwache magnetische Wirkung ließ sich mit Schwierigkeit wahrnehmen.

Am 20. September ging einige Minuten vor Mitternacht ein heftiges Gewitter nieder, das einen Telephondraht durchschmolz, aber den Erddraht an der Hauswand unbeschädigt ließ. Die atmosphärische Entladung war fraglos durch diesen Erddraht hindurchgegangen.

Am folgenden Morgen stellten die Genannten fest, daß die Wand dort, wo der Draht entlang ging, bis auf eine Entfernung von 13 *cm* stark magnetisiert war, wobei der Nordpol links lag. Der Entladungsstrom war also von unten nach oben gerichtet gewesen.

Während desselben Gewitters schlug der Blitz in den Blitzableiter am Schlosse von Fiorini ein und verursachte dort einigen Schaden. Die Leitungsdrähte dieses Blitzableiters bestanden aus Kupfer von 8 *mm* Durchmesser und waren durch Porzellanisolatoren in einer Entfernung von 9 bis 20 *cm* von der Wand festgehalten. Diese Gebäude war auch erst kürzlich gebaut worden, und noch nie hatte seinen Blitzableiter bei frühern Gewittern der Blitz getroffen. Nun zeigten zwar die Lavablöcke in größerer Entfernung von den Leitern keine nennenswerten magnetischen Eigenschaften, aber in 3 *m* Abstand von ihnen war bereits eine Einwirkung der Wand auf die Magnetnadel zu merken. Rechts und links von dem einen Leiter besaß die Wand Zonen entgegengesetzten Vorzeichens von 15 bis 20 *cm* Breite. Diese Magnetisierung entsprach gleichfalls einem aufwärts gerichteten Strome.

Es ist auffällig, daß so intensive magnetische Wirkungen durch einen so weit von der Wand entfernten isolierten Draht hervorgerufen wurden.[1]

Das Nachleuchten der Luft bei Blitzschlägen, welches bisweilen im Anschlusse an die Hauptentladung in der Bahnlinie auftritt, wird

1) Die Welt der Technik 1906. p. 59.

von E. Touchet[1]) als Nachglühen der in Frage kommenden Luftteilchen betrachtet, während K. E. F. Schmidt mehr an Phosphoreszens denkt.[2]) B. Walter hält jedoch dafür,[3]) daß das Phänomen weder auf die eine, noch auf die andere Weise zu erklären sei, sondern vielmehr das fragliche Nachleuchten in allen Fällen durch ein wirkliches Nachströmen von Elektrizität in die durch die Hauptentladung gebildete Blitzbahn veranlaßt werde, wie er denn auch diese Erscheinung in einer ausführlichen Abhandlung: „Über die Entstehungsweise des Blitzes,“[4]) ausdrücklich als „Nachentladung“ bezeichnet und auch mehrfach ausführlich als solche erörtert hat.

Die Erscheinung zeigt sich nach Walter am deutlichsten an denjenigen Teilen der Blitzbahn, welche möglichst vertikal verlaufen, da bei längerm horizontalen Verlaufe dieser Bahn sich auf der ebenfalls in horizontaler Bewegung befindlichen photographischen Platte natürlich stets die Bilder einer größern Zahl leuchtender Punkte überdeckt haben. Auf diese letztere Ursache sind übrigens auch die vielen horizontalen hellen Linien in der Nachentladung dieser Aufnahme zurückzuführen, die demnach nicht etwa durch lokale Anschwellungen der Leuchtstärke zu erklären sind.

Eine solche Pause ist nun nach den Auffassungen von Touchet und Schmidt natürlich nicht zu verstehen, nach derjenigen von Walter dagegen offenbar so zu erklären, daß die Ladung der Gewitterwolke durch die Hauptentladung selbst so stark erschöpft wurde, daß die Nachentladung erst einige Augenblicke später eintreten konnte. Was endlich den Grund der Tatsache angeht, daß sehr starke Blitze oftmals keine, viel schwächere dagegen eine verhältnismäßig langandauernde Nachentladung zeigen, so ist derselbe nach des Verfassers Dafürhalten in der Hauptsache darin zu suchen, daß im erstern Falle die elektrische Kapazität der Wolke eine größere war als im letztern. Es bestehen nämlich auch die Entladungen eines nicht zu großen Induktionsapparates bei passender Einregulierung des primären Stromes in der Regel aus einem stark leuchtenden Anfangsfunken mit darauf folgender, schwächer leuchtender Nachentladung; man kann jedoch auch hier an Stelle dieser Entladungsart sehr leicht diejenige des andern Typus der Blitzschläge, d. h. also einen oder mehrere sehr schroff abgesetzte Funken ohne Nachentladung erhalten, wenn man die Pole des Induktors mit den Belägen einer kleinen Leidener Flasche verbindet. Bei den sehr großen Induktionsapparaten mit sehr vielen sekundären Windungen bestehen in der Regel auch die gewöhnlichen Funken des Apparates — also ohne angehängte Kapazität — aus solchen schroff abgesetzten Einzelfunken

[1]) Compt. rend. 1905. **140.** p. 1031.
[2]) Elektrotechn. Ztschr. **26.** p. 903. 1905.
[3]) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 172.
[4]) B. Walter, Jahrbuch d. Hamb. wiss. Anst. 1903. (3) **20.** 1.

weil nämlich in diesem Falle die Sekundärspule des Instrumentes schon für sich allein eine genügend große Kapazität besitzt.

Elektrische Erscheinungen in den südamerikanischen Anden besprach F. Goll.[1]) Dieselben bestehen in einem eigentümlichen Leuchten, und dies gilt speziell von den Vulkanen Chiles. Miers berichtet, daß man fast in ganz Chile während heiterer Sommernächte ein Wetterleuchten wahrnehme, aber nirgends Wolken sehe oder ein vorausgehendes oder nachfolgendes Gewitter beobachte. Meyen fand dieses Leuchten um so stärker, je näher er an die Vulkane kam, und je klarer die Atmosphäre war. Er sah am Vulkane von Rancagua bald nach Sonnenuntergange aus dem Krater des Berges eine Lichtmasse hervortreten, welche einem Blitze glich, im nächsten Augenblicke aber wieder verschwand. Gleich darauf trat eine Feuermasse heraus, die in die Höhe getrieben wurde und dann wieder in den Schlund zurückfiel. Die Bewohner der dortigen Gegend haben diese Erscheinung häufig beobachtet. Auf dem Rücken der Kordillere war damit ein Geräusch verbunden, das fernem Kanonendonner glich. Allem Anscheine nach liegt hier eine Explosionserscheinung im Krater vor, wie auch schon Meyen annahm.

E. v. Bibra schreibt auch das Leuchten den Vulkanen zu. Er sagt, daß es im Gegensatze zum Wetterleuchten nicht am Horizonte als halbkreisförmige Erscheinung auftritt, die hinter den Bergen herzukommen scheint, sondern als eine am Horizonte abgegrenzte, annähernd kreisförmige Lichterscheinung, die in mehrern aufeinanderfolgenden Nächten stets von ein und derselben Stelle ausgeht. Er hält dieses Leuchten für ein Aufblitzen der Lava im Innern des Kraters und meint, „das plötzliche momentane Erglühen sei vielleicht von einem elektrischen Prozesse bedingt, welcher auf der Oberfläche der Lava vor sich geht, vielleicht rühre es von Gasmassen her, welche, von unten emporsteigend, die Lava durchdringen, dieselbe in Bewegung setzen und tiefere, heller erglühende Partien derselben an die Oberfläche bringen."

J. J. v. Tschudi tritt dieser Auffassung entgegen. Er hat das Leuchten in einer Richtung gesehen, wo seit undenklichen Zeiten kein vulkanischer Ausbruch stattfand, und hält es für ein Wetterleuchten. Dasselbe tritt nach seiner Beobachtung bald nach Sonnenuntergange ein und hält mit fast regelmäßiger Periodizität von 5, 8, 10 oder 12 Minuten mehrere Stunden an, doch selten bis über Mitternacht. Er teilt mit, daß man das Phänomen nur in den Sommermonaten wahrnimmt, am stärksten von Januar bis März, d. i. zu der Zeit, in welcher die meisten heftigen elektrischen Entladungen (Gewitter) in der Kordillere stattfinden; nur ganz ausnahmsweise sieht man die Erscheinung auch während der übrigen Monate des

[1]) Globus **86**. Nr. 6. Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 35.

Jahres. v. Tschudi beobachtete dieses Leuchten auch noch in Peru und Bolivia; sonst scheint dasselbe aber nicht wahrgenommen worden zu sein oder doch nur ganz selten.

Auch C. Ochsenius hält das geschilderte Phänomen für ein elektrisches; er sagt: „So erglühen z. B. einzelne Kordillerenspitzen abends und nachts manchmal im elektrischen Lichte, was die Veranlassung zu der Behauptung gibt, daß vulkanische Ausbrüche beobachtet worden seien.“

Als der Calbuco 1893 in Tätigkeit war, beobachtete man von Puerto Monte aus auch mehrmals ein blitzartiges Aufleuchten über den Anden. Am 27. Februar 1893, abends nach 8^h, „schoß fast fortwährend aus einer Gegend des Gebirges ein heller Strahlenschein hervor. Allerdings bildete der Calbuco wohl den Mittelpunkt der Erscheinung, aber aus vielen Tälern und Einschnitten der Kordilleren, vielleicht auch manchmal von den Gipfeln aus, blinkte plötzlich das blitzartige Licht. Allmählich wurden die Pausen länger, der Glanz weniger blendend, und gegen Mitternacht war alles vorüber . . Ob dieses große Wetterleuchten, bei welchem kein Donner gehört, keine Erschütterung gespürt, keine Wolkenbildung beobachtet wurde, direkt mit dem Vulkane zusammenhing, wird schwer zu sagen sein . . . Gerade die Tage vorher und über einen Monat nachher, waren wenig von vulkanischer Tätigkeit begleitet“. C. Martin aus Puerto Monte hält das Leuchten, das übrigens im nördlichen Chile häufiger beobachtet wird als im Süden, für „mehr oder weniger trockene Gewitter in den Andentälern.“ Auffallend ist, daß Reisende, welche die Andenpässe zur Zeit solcher Lichterscheinungen überschritten, nichts von dem Leuchten wahrnahmen und erst in Santiago von dem brillanten Schauspiele erfuhren, das man in derselben Richtung, woher sie gekommen, beobachtete.

Das „Leuchten der Vulkane“ dürfte nach den Berichten wohl kein einheitliches Phänomen sein. In einzelnen Fällen wird es gewiß Vorgängen im Krater zugeschrieben werden müssen. Man wird aber wohl auch nicht bezweifeln können, daß hier, und dies vielleicht in der Regel, elektrische Vorgänge im Spiele sind. Den sichern Beweis für diese Vermutung könnte die spektroskopische Untersuchung leicht erbringen; eine solche ist, soviel bekannt, aber noch nicht erfolgt. Oft mögen die Lichteffekte Gewittern jenseits der Anden (in Argentinien) zu verdanken sein, deren Blitze man von Chile aus beobachten kann, ohne von den Gewittern sonst etwas wahrzunehmen; es wäre dies dann das echte Wetterleuchten (wie man z. B. auch auf der oberbayerischen Hochebene noch die Blitze aus der lombardischen Tiefebene ab und zu beobachtet). Es ist nicht ausgeschlossen, daß man in diesem Falle in den Gebirgstälern selbst nichts von der Erscheinung bemerkt.

Wenn aber das Leuchten mehrere Nächte nacheinander immer wieder in derselben Richtung wahrgenommen wird, wird man es

sicher nicht mit gewöhnlichem Wetterleuchten zu tun haben. Verfasser vermutet, daß dann großartige langsame elektrische Ausgleiche über den Anden sich abspielen, wie sie uns unter dem Namen „St. Elmsfeuer“ bekannt sind. Man weiß, daß gerade das mittlere und nördliche Chile an einer exzessiven Trockenheit der Luft leidet, was darin begründet ist, daß eine kalte Meeresströmung hier nahe an die Küste herantritt und es so nicht zu einem aufsteigenden Luftstrome und infolgedessen zur Regenbildung kommen läßt; tatsächlich regnet es in diesem Gebiete, das die Wüste Atacama einnimmt, oft jahrelang keinen Tropfen. Auch über den Anden selbst wurde des öftern diese große Trockenheit konstatiert, z. B. durch Darwin auf seiner Weltreise. Die Trockenheit der Luft ist wohl auch einer der Hauptgründe dafür, daß man in Chile, insbesondere in den nördlichen Regionen, so überaus selten Gewitter erlebt. Denn die Gewitterbildung ist in erster Linie an das Auftreten großtropfiger Niederschläge gebunden. Auffallend ist aber, daß längs der ganzen Pacific am Fuße der Anden die Gewitter selten sind, obwohl hier stellenweise die Niederschläge sogar sehr zahlreich sind, wie z. B. im südlichen Chile. Über den Anden sind hingegen die Gewitter, die heftigen elektrischen Entladungen, namentlich im Sommer sehr zahlreich und meist auch sehr heftig, speziell im chilenischen Gebiete.

Wie erwähnt, will man das Leuchten hauptsächlich bei klarem Himmel über den Anden beobachtet haben, und zwar meist im Sommer. Des Verfassers Vermutung geht dahin, daß in solchen Zeiten, in denen die Wasserdampfverhältnisse es nicht zu Niederschlägen und damit zu einem plötzlichen elektrischen Ausgleich zwischen Luft- und Erdelektrizität kommen lassen, die hohe elektrische Spannung zu einem langsamen Ausgleich, zu einer dem St. Elmsfeuer ähnlichen Entladung führt.

Die Blitzgefahr in Deutschland von 1854 bis 1901. O. Steffens hat (in einer Dissertation) diese Frage sehr eingehend untersucht. Die Ergebnisse, zu denen er gelangt, sind folgende:[1])

1. Innerhalb des Zeitraumes von 1876 bis 1901 wurden in dem Gesamtgebiete Deutschlands im Mittel von je einer Million Gebäude jährlich 271.1 vom Blitze getroffen.

2. Die Anzahl der auf je eine Million Gebäude entfallenden Schadenblitze ist nachweislich seit dem Jahre 1854 zu enormer Höhe angestiegen. Dieselbe betrug in Deutschland im Mittel von 1854 bis 1860 jährlich im Durchschnitte 90, von 1891 bis 1900 jährlich 318.

3. Die Blitzgefahr (Anzahl der Blitzschläge auf eine Million Gebäude) ist in dem Zeitraume 1854 bis 1901 in Norddeutschland andauernd am größten gewesen, kleiner in Mitteldeutschland, an-

[1]) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 469.

dauernd am kleinsten in Süddeutschland. Die Unterschiede sind beträchtlich und vergrößern sich mehr und mehr. Dies hat seinen Grund in dem verschiedenen Grade der Zunahme.

4 Die Zunahme der Blitzgefahr ist weitaus am größten in Mitteldeutschland. Hier betrug sie in dem Zeitraume von 1857 bis 1895 273 Blitzschläge jährlich auf eine Million Gebäude oder 366%; am kleinsten ist sie in Norddeutschland. Hier entfielen gegen Ende des betrachteten Zeitraumes jährlich 228 Blitzschläge mehr auf eine Million Gebäude als gegen Anfang desselben, was eine Zunahme von 185% bedeutet. Vom mittlern Grade ist sie in Süddeutschland. Hier betrug sie 260%.

5. Die mittlere Blitzgefahr ist am größten in der Provinz Westfalen, wo durchschnittlich 536 Blitzschläge jährlich auf eine Million Gebäude entfallen; am kleinsten im Großherzogtume Baden mit nur 118 Blitzschlägen.

6. Die Zunahme der Blitzgefahr ist am größten in der Rheinprovinz. Hier beträgt sie von 1857 bis 1895 559%; am kleinsten ist sie in der Provinz Westpreußen, wo sie sich auf 112 % beläuft.

7. Die Zunahme ist allen untersuchten Staaten und preußischen Provinzen gemeinsam.

8. Alle Staaten und Provinzen des nördlichen Deutschland sind annähernd gleich durch Blitzschläge gefährdet, und im allgemeinen unterscheiden sich benachbarte Gebiete in Deutschland nur in geringem Grade voneinander.

9. Die Industriebezirke Deutschlands treten bezüglich ihrer Blitzgefährdung kaum merklich hervor.

10. Die Feuerversicherungsanstalten der verschiedenen Staaten und Provinzen ermitteln die Zahl der Schadenblitze mit annähernd gleicher Zuverlässigkeit. Diese sind daher untereinander vergleichbar und bilden ein Material, welches für die Gewinnung meteorologischer Tatsachen von hohem Werte ist.

11. Für die Ermittlung der Blitzverhältnisse aus den Angaben über Blitzschäden erscheint keine andere Art der Reduktion der letztern brauchbar als diejenige auf eine Million Gebäude.

12. Zwischen der Zahl der Blitzschäden eines Landes und der Zahl der darin vorhandenen versicherten Gebäude besteht keine einfache Proportionalität. Die auf eine Million Gebäude entfallenden Blitzschäden in den verschiedenen Ländern sind um so kleiner an Zahl, je dichter diese mit Gebäuden besetzt sind. Jedoch ist dieser Abweichung nur die Bedeutung eines Korrektionsgliedes beizumessen.

13. Die großen Unterschiede in der geographischen Verteilung der Blitzschäden in Deutschland, wie sie in der von Kassner entworfenen kartographischen Darstellung hervortreten, erweisen sich als ganz selbstverständlich; denn die Karte gibt im wesentlichen nur eine Übersicht über die Verteilung der versicherten Gebäude

und gestattet deshalb für sich allein keinen Einblick in die meteorologischen Verhältnisse.

14. Die Blitzgefahr war in ganz Deutschland während des Zeitraumes von 1854 bis 1901 einer scharf ausgesprochenen Periodizität von erheblicher Amplitude unterworfen, wie eine solche bisher anscheinend kaum in einem meteorologischen Phänomen aufgefunden worden ist.

15. Diese Perioden scheinen mit dem wechselnden Fleckenbestande der Sonne in naher Beziehung zu stehen, und zwar entspricht eine einfache Periode der Sonnenflecken einer Doppelperiode der Blitzgefahr, so daß eine einfache Periode der letztern von rund $5^1/_2$jähriger Dauer ist.

16. Außer dieser ist das Vorhandensein einer Periode von langer Dauer in hohem Grade wahrscheinlich, welche sowohl in Deutschland in seiner Gesamtheit als auch in allen seinen Teilen hervortritt.

Optische Erscheinungen in der Atmosphäre.

Über die scheinbare Form des Himmelsgewölbes hat Prof. Dr. v. Sterneck Untersuchungen angestellt.[1])

Wie derselbe früher gezeigt hat, beziehen wir Schätzungen am Himmelsgewölbe auf gewisse „Referenzflächen“, die dem Himmelsgewölbe ähnlich geformt sind, aber in ganz geringer Entfernung vom Beobachter verlaufen. Wenn man z. B. den Durchmesser des Vollmondes, wenn er in mäßiger Höhe steht, etwa mit 18 *cm* schätzt, so schätzt man eigentlich den Durchmesser einer Scheibe, den der durch den Mondrand und unser Auge bestimmte Kegel aus einer in ungefähr 16 *m* Entfernung verlaufenden Fläche ausschneidet. In analoger Weise schätzen wir auch den Sonnendurchmesser, die Distanzen benachbarter Sterne, schließlich auch die Größe von Wolken auf derartigen Referenzflächen. Die Ausmessung sämtlicher Referenzflächen bildet den wesentlichsten Inhalt der vorliegenden Arbeit. Es ergab sich, daß die einzelnen Referenzflächen sehr verschiedene Dimensionen haben. Bedeutet H die Vertikalerhebung einer Referenzfläche im Zenit, R den Radius des Schnittkreises derselben mit der Horizontebene, so ergab sich beim Sternenhimmel:

$$H = 12.2\ m,\quad R = 24.4\ m,$$

bei der Referenzfläche der Sonne:

$$H = 10.1\ m,\quad R = 25.3\ m,$$

bei der Referenzfläche eines bestimmten Wolkenhimmels:

$$H = 12.2\ m,\quad R = 109.4\ m.$$

Für die Form des Sternenhimmels findet der Verfasser eine hinreichende Erklärung in der psychologischen Wirkung des Phänomens der Extinktion des Sternenlichtes in der Atmosphäre. Der große Unterschied in den Dimensionen der Referenzfläche der Sonne und des Wolkenhimmels gibt ferner Anlaß zu eigentümlichen Phänomenen, die in gewissen Deformationen der einen oder andern Referenzfläche bestehen. Da nämlich die Referenzfläche der Sonne ganz innerhalb der des Wolkenhimmels verläuft, wir aber anderseits die Sonne immer hinter den Wolken befindlich vorstellen, so tritt ein Wettstreit der beiden Referenzflächen ein, und es müssen gewisse Kompromisse geschlossen werden, indem die eine Referenzfläche ausgedehnt, die andere an den Beschauer heran-

[1]) Anzeiger der K. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1906. Nr. 16.

gezogen wird, bis die beiden Flächen wenigstens zur Berührung kommen. Gewöhnlich wird die Referenzfläche des Wolkenhimmels an diejenige der Sonne herangezogen, nur am Horizonte, wo der Unterschied der Leitstrahlen besonders groß ist, wird manchmal auch die Referenzfläche der Sonne zugunsten der des Wolkenhimmels deformiert, wodurch nach der Ansicht des Verfassers die bekannten Erscheinungen besonders großer Sonnendurchmesser beim Auf- oder Untergange an wolkigen Tagen zustande kommen.

Die Beobachtungen des Monddurchmessers führen wieder auf andere Erscheinungen. Der Mond wird bei Tage im allgemeinen auf die Referenzfläche der Sonne bezogen, bei Nacht auf die des Sternenhimmels. Der Mond in der Dämmerung wird aber auf eine eigene Referenzfläche bezogen, die immer dann entsteht, wenn es noch hell, aber die Sonne bereits untergegangen ist; über diese können wir zwar keine Messungen vornehmen, müssen aber schließen, daß sie ziemlich variabel ist; bald nach Sonnenuntergange dürfte sie ihr Maximum etwa in der doppelten Horizontalausdehnung jener der Sonne erreichen, dann aber schrumpft sie mit zunehmender Dunkelheit mehr und mehr zusammen. Diese Referenzfläche ist wesentlich für die bekannten Vergrößerungen des Mondes während der Dämmerung.

Die Durchsichtigkeit der Luft in den Jahren 1902 bis 1904. Im Anschlusse an frühere Beobachtungen über die Intensität der Sonnenstrahlung und die Polarisation des blauen Himmelslichtes und durch Vergleichung mit ähnlichen Messungen am Astrophysikalischen Observatorium der Smithsonian Institution und andern gelangt Herbert W. Kimball zu Schlüssen über Veränderlichkeit der Luftdiaphanität in den Jahren 1902 bis 1904.[1])

Kimball fand, daß die Sonnenstrahlung von Januar bis März 1903 auffallend klein war und bis März 1904 häufig Werte zeigte, die 30 bis 50% kleiner waren als die in frühern Jahren gefundenen Zahlen. Einen ähnlichen Gang wiesen die Messungen der Polarisation des blauen Himmelslichtes auf. Die Beobachtungen Marchands in den Pyrenäen ergaben dasselbe. Die Sonnenstrahlung zeigte seit Ende Mai 1902 zeitweilig und von Januar bis August 1903 dauernd ungewöhnlich geringe Werte. Januar 1903 betrug die Verminderung des normalen Wertes 20%, Ende Februar 50% und im August noch 10%. Die Intensität des blauen Himmelslichtes sank um vier Einheiten der 50 teiligen Skala des Saussureschen Cyanometers. Das Purpurlicht zeigte sich häufig seit August 1902 und besonders prächtig im Oktober 1902. Der Bishopsche Ring war seit Dezember 1902 regelmäßig zu sehen. Die Beobachtungen am Astrophysikalischen Observatorium der Smithsonian Institution zeigen, daß in den Jahren 1903 und 1904 die Sonnenstrahlung nicht nur in der Erdatmosphäre eine ungewöhnliche Verminderung erfuhr, sondern auch an der Grenze der Atmosphäre. Der Zusammenhang dieser beiden Phänomene soll durch bolometrische Beobachtungen auf dem Mount Wilson in Californien festgestellt werden. Man darf mit großer Gewißheit annehmen, daß die Trübung der Atmosphäre in den untern Luftschichten im Zusammenhange steht mit den großen Mengen vulkanischen Staubes,

[1]) Monthly Weather Review U. S. A. **33**. p. 100.

der bei den Ausbrüchen auf Westindien im Mai 1902 ausgeworfen wurde.

Studien über die Dämmerung hat Prof. H. Mohn veröffentlicht.[1]) Nach Entwicklung der zur Berechnung dienenden Formeln wendet er dieselben speziell zur Darstellung der Dämmerungsmessungen am Nordpole an. Auf Grund der zurzeit besten Annahmen für die Refraktion und die mittlern Temperaturen findet er folgendes:

„Am Nordpole endet die absolute Dunkelheit am 1. Februar, wenn der Scheitel der Dämmerung anfängt, sich über dem Horizonte zu zeigen. Wegen der verschiedenen Deklination der Sonne an demselben Datum in den verschiedenen Jahren geschieht dies jedes Jahr zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Meridianen.

In der folgenden ersten Hälfte des Februar erhebt sich der Scheitel der Dämmerung zuerst langsam, später mit wachsender Geschwindigkeit, während ihre Amplitude auch wächst.

In der dritten Woche des Februar wächst die Höhe des Scheitels des Dämmerungsbogens sehr rasch, und er geht durch den Zenit am 25. Februar mit großer Geschwindigkeit, indem die Amplitude etwa 180° beträgt.

Im März ist der Scheitel des Bogens auf der Gegensonnenseite und sinkt langsamer gegen den Horizont. Die Amplitude, von der Gegensonnenseite gerechnet, nimmt stetig ab.

Am 17. März schwindet die Dämmerung, indem die Sonne mit ihrem Oberrande über den Horizont herauf taucht.

Vom 17. März bis zum 25. September ist die Sonne über dem Horizonte.

Vom 25. September bis Mitte Oktober steigt die Dämmerung, und der Erdschatten breitet sich auf der Gegensonnenseite aus.

Am 16. Oktober geht die Dämmerung durch den Zenit mit einer Amplitude von nahezu 180°. Nach dieser Zeit ist die Dämmerung auf der Sonnenseite und nimmt ab in Höhe und Breite, bis sie am 9. November unter dem Horizonte verschwindet. Vom 9. November bis zum 1. Februar hat der Nordpol seine Dunkelzeit ohne Sonne und Dämmerung.

Im Laufe von 24 Stunden geht die Dämmerung am Nordpole um den ganzen Horizonte herum. Auf der Gegensonnenseite erscheint der Dämmerungsbogen als eine Ellipse, deren Fläche dunkel ist. Auf der Sonnenseite erscheint er als Hyperbel, unten erleuchtet.

Nach dem Untergange der Sonne und vor dem Aufgange derselben gibt es eine Zeit, in welcher die Atmosphäre so stark erleuchtet ist, daß keine Sterne gesehen werden können. Nach Mohns eigenen Beobachtungen in Kristiania tauchen die Sterne erster Größe hervor, wenn die Sonne eine Depression von etwas über 4° hat. (Capella

[1]) Meteorolog. Ztschr. Hann-Band 1906. p. 1.

4° 6′, Arcturus 4° 11′, Sirius schon 3° 11′, ist aber am Nordpole unsichtbar). Mit dem für die hochstehende Capella gefundenen Werte 4° 6′ für die südliche Deklination der Sonne werden für den Nordpol die Epochen März 10^d 2.2^h a. m. und Oktober 4^d 11.3^h a. m.

Die bürgerliche Dämmerung beginnt und endet, nach verschiedenen Annahmen, wenn die Depression der Sonne 5° oder 6° ist. Dies entspricht am Nordpole für 5° März 7^d 9.3^h a. m. und Oktober 6^d 7.2^h p. m. Für 6° März 5^d 5.2^h a. m. und Oktober 8^d 9.9^h a. m.

Indem der Scheitel des Dämmerungsbogens durch das Zenit geht, nimmt das Dämmerungslicht rasch zu oder ab. Dies findet am Nordpole am 25. Februar 1.4^h a. m. und am 16. Oktober 11.1^h a. m. statt.

Vom 9. November bis zum 1. Februar kommt kein direktes Dämmerungslicht über den Horizont des Nordpoles. Aber der Polarhimmel ist nicht dunkel wie der Himmelsgrund in niedrigern Breiten. Professor Nansen hat dem Verfasser mitgeteilt, daß der Polarhimmel niemals ganz so dunkel ist, wie er den Himmelsgrund am Mittelmeere gesehen hat. Selbst wenn das Spektroskop keine Spur von Nordlicht zeigte, war die Milchstraße im Norden fast oder ganz unsichtbar. Etwas diffuses Licht mag von dem Sternenlichte kommen, etwas von der Schneefläche, und etwas Licht kommt herein von dem Teile der Dämmerung, welcher unter dem Horizonte ist. Selbst beim Wintersolstitium kann Licht von diesem die Atmosphäre im Zenit des Nordpoles erreichen. Die Depression der Sonne ist dann 23° 27′. Der Scheitel der Dämmerung ist nur 5° 40′ unter dem Horizonte, und mit dieser Depression reicht ein Strahl von ihm am Zenite vorbei bis zur Zenitdistanz 84° 24′ auf der Gegensonnenseite, oder der größte Teil der Atmosphäre erhält sekundäres Licht von der unter dem Horizonte sich befindenden Dämmerung.

Die Temperaturtafel gibt das Minimum der Temperatur am 30. Januar. Am Nordpole beginnt danach die Temperatur zu steigen zu derselben Zeit wie die Dämmerung ihr Haupt über den Horizont steckt."

Prof. Mohn berechnete auch die Dauer der verschiedenen Dämmerungsstadien am Äquator und stellt die Ergebnisse für Nordpol und Äquator in folgender Tabelle vergleichend zusammen.

	Nordpol Tage	Äquator Tage	Nordpol-Äquator Tage
Sonne über dem Horizonte, März 17.44 bis Sept. 24.90	191.46	184.32	7.14
Sonne unter dem Horizonte	173.78	180.32	—7.14
Sonne und Dämmerung, Nov. 8.62 bis Jan. 31.90	280.72	217.39	63.33
Astron. Dämmerung, Jan. 31.00 bis März 17.44	44.54	—	—
Astron. Dämmerung, Sept. 24.90 bis Nov. 8.62	44.72	—	—
Summe	89.26	33.07	56.19

	Nordpol Tage	Äquator Tage	Nordpol-Äquator Tage
Weder Sonne, noch Sterne sichtbar,			
März 9.83 bis 17.44	7.61	—	—
September 24.90 bis Oktober 3.76	8.86	—	—
Summe	16.47	7.09	9.38
Bürgerliche Dämmerung (Sonne unter dem Horizonte 5°) März 7.39 bis 17.44	10.05	—	—
September 24.90 bis Oktober 6.30	11.40	—	—
Summe	21.45	9.04	12.41
Bürgerliche Dämmerung (Sonne unter dem Horizonte 6°) März 4.71 bis 17.44	12.73	—	—
September 24.90 bis Oktober 7.91	13.01	—	—
Summe	25.74	11.05	14.69

Änderung des diffusen Lichtes mit der Seehöhe. Prof. Wiesner hat hierüber Untersuchungen angestellt,[1]) deren wichtigste Ergebnisse sind:

1. Bei unbedeckter Sonne nimmt die Intensität des Gesamtlichtes mit der Seehöhe zu.

2. Unter diesen Umständen steigt die Intensität des direkten Sonnenlichtes mit der Seehöhe.

3. Die Intensität des diffusen Lichtes nimmt bei konstanter Sonnenhöhe und unbedeckter Sonne mit der Seehöhe ab, was verständlich wird, wenn man beachtet, daß an der obern Grenze der Atmosphäre die Intensität des diffusen Lichtes den Wert Null erreichen muß.

4. Die Kurve der Intensität des direkten Sonnenlichtes nähert sich bei konstanter Sonnenhöhe mit zunehmender Seehöhe immer mehr der Kurve der Intensität des gesamten Tageslichtes, um an der obern Grenze der Atmosphäre mit ihr zusammenzufallen.

5. Die Intensität des diffusen Lichtes steigt im Laufe eines Tages auf großen Seehöhen (bei unbedeckter Sonne) nicht in dem Maße, als die Intensität des direkten Sonnenlichtes wächst. Nach den frühern Sätzen wird es begreiflich erscheinen, daß mit steigender Intensität des direkten Sonnenlichtes eine Abnahme der Stärke des diffusen Lichtes eintreten kann. Diese Depression wird sich um so mehr bemerklich machen, je größer die Sonnenhöhe, und je größer die Seehöhe des Beobachtungsortes ist. Der kombinierte Einfluß von Sonnen- und Seehöhe auf die Depression der Stärke des diffusen

[1]) Sitzung der math.-naturw. Klasse d. Wiener Akademie am 4. Juni 1906. Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 182.

Tageslichtes hat seinen Grund in der schon von Bunsen und Roscoe wahrgenommenen Tatsache, daß bei sehr hohen Sonnenständen die Intensität des diffusen Tageslichtes nicht im Verhältnisse zu dem des direkten steigt und sogar bei weiterer Zunahme der direkten Strahlung etwas sinken kann, anderseits in unsern auf großen Seehöhen gemachten Beobachtungen, welche in obigen Sätzen vorgeführt und erklärt wurden.

6. Einige der angestellten Beobachtungen lassen annehmen, daß über dem Meere unter sonst gleichen Umständen die Intensität des Gesamtlichtes größer ist als auf dem Festlande, und daß dieser Überschuß auf das diffuse Licht zu setzen ist. Weiter fortgesetzte Untersuchungen werden zu entscheiden haben, ob diese Aussage sich bewähre. Ihre Richtigkeit vorausgesetzt, wäre die über dem Meere herrschende Verstärkung des diffusen Lichtes ausschließlich oder doch vorwiegend auf den Umstand zurückzuführen, daß die Meeresoberfläche mehr Licht als der Erdboden reflektiert, und daß dieser Überschuß an Licht durch neuerliche Reflexion in der Atmosphäre zur Vermehrung des Gesamtlichtes und speziell des diffusen Lichtes beiträgt.

7. Einige der mitgeteilten Beobachtungen bestätigen die vom Verfasser an andern Orten, besonders auffallend in Kairo, konstatierte Tatsache, daß selbst bei unbedeckter Sonne das Maximum der chemischen Intensität des Gesamtlichtes nicht immer auf den Mittag fällt.

Merkwürdige Spiegelungs- und Brechungserscheinungen an der See beschrieb Dr. K. Graff.[1]) Am 19. Juli 1901 beobachtete er auf Bornholm von einer Anhöhe bei Hammershus aus eine Reihe von Formveränderungen der untergehenden Sonne. Die Luft war an dem genannten Tage vollkommen ruhig, der Horizont etwas dunstig, der Himmel im Nordwesten von Cirrusstreifen durchzogen. Die hier in ihren Umrissen skizzierten Gestaltsänderungen der Sonne begannen etwa 10 Minuten vor ihrem Untergange und vollzogen sich in ziemlich rascher Folge; zwischen je einer Skizze liegt eine Zwischenzeit von etwa $^1/_2$ Minute. Das erste, was man an der sinkenden Sonnenscheibe wahrnahm, war eine ungewöhnlich starke Abplattung des untern Randes. Bald war von ihr nur noch die obere Hälfte, nach dem Horizonte zu durch eine gerade Linie begrenzt, sichtbar, so daß es aussah, als wenn die Sonne hinter einem entfernten Gebäude verschwände. Dieser Form folgte eine pilzförmige Gestalt, die nach und nach die Umrisse einer Lampenglocke annahm. Der Untergang selbst war nicht zu sehen, da die Sonne bald nach dem Erreichen der letzten, hier wiedergegebenen Form hinter einer Wolkenwand versank.

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1906. p. 181.

Sehr auffallend war die eigentümliche Symmetrie der Figuren, sowie die scharfen Ecken bei zweien. Die letzte Skizze ist aber nur schematisch. In dem Momente ihrer Anfertigung wechselte das Bild der Sonne so rasch, daß die Auffassung seiner Konturen mit einigen Schwierigkeiten verknüpft war.

Ein gleichfalls nahezu windstiller Tag, der 24. Juni 1905, brachte in Wisby auf Gotland die Erscheinung eigenartiger Luftspiegelungen und Refraktionsphänomene. Nach zwei windigen Tagen trat am genannten Datum nahezu Windstille ein. Es waren etwa 20° im Schatten; trotz dieser nicht übermäßig hohen Temperatur war der Aufenthalt am Strande wenig angenehm, da der leise westliche Wind alle Augenblicke Luftwellen von drückender Schwüle an Land führte.

Gleich bei der Ankunft am Strande, kurz vor $5^1/_2$ Uhr nachmittags, fiel es Dr. Graff auf, daß eine im Norden vorspringende, sonst absolut unauffällige Klippe, das Stenkyrkehuk, als eine steile, weiße Wand aus dem Wasser emporstieg. Ein schmales, unregelmäßig gestaltetes Band teilte die Erhebung in zwei Teile und fand in einer zuerst breiten, dann äußerst feinen Linie über dem Wasser seine Fortsetzung. Trotz der großen Unruhe der Luft am Horizonte und der stark wallenden Umrisse der etwa 12 Seemeilen von Wisby entfernten Küste war das ganze Phänomen als Luftspiegelung nicht zu verkennen: ein Segler und der um 8 Uhr abends nach Stockholm abgehende Dampfer erschienen beim Passieren der Kimm in der Luft gespiegelt, dagegen wies ein am Westhorizonte beobachteter Dampfer nur jene merkwürdigen Verzerrungen in vertikaler Richtung auf, die an heißen, windstillen Tagen an der See recht oft beobachtet werden können. Während Dr. Graff mit einem Opernglase den westlichen Himmel absuchte, tauchte das Schiff fast plötzlich auf und verschwand nach einigen Minuten nahezu ebenso schnell wieder, so daß er den Eindruck hatte, als wäre es überhaupt nur durch Refraktionswirkung sichtbar geworden.

Derselbe Abend bot kurz vor Sonnenuntergang noch die Erscheinung einer lateralen Refraktion, wie Dr. Graff sie bis dahin noch nie zu sehen Gelegenheit hatte. Etwa um $8^1/_2$ Uhr abends, als das Stenkyrkehuk bereits nahezu die normale Gestalt zeigte, vollzogen sich in rascher Folge die an ihm beobachteten Verzerrungen und Spieglungserscheinungen noch einmal an dem südlich von Wisby gelegenen Högklint, einer 4 Seemeilen entfernten, bis zu einer Höhe von 46 *m* senkrecht aufsteigenden Kalkwand. Die Veränderungen, die sich hier abspielten, wurden eingeleitet durch ein kulissenartiges Vortreten von entferntern Küstenteilen, die unter normalen Verhältnissen von der Högklintwand verdeckt werden und dem Beschauer von Wisby aus unsichtbar bleiben. Daß es sich tatsächlich um reelle Gebilde handelte, bewies eine Skizze des süd-

lich vom Högklint gelegenen Küstenstreifens, die zwei Tage vorher bei einer Dampferfahrt nach Klintehamn entworfen war. Ob der angrenzende dunkle Streifen, der auch hier wie eine entfernte Küste bald sichtbar wurde, gleichfalls in einer lateralen Refraktionswirkung seine Entstehungsursache hatte, ließ sich nicht entscheiden, da seinen stark wallenden, fast züngelnden Umrissen jede charakteristische Form fehlte.

Die untergehende Sonne zeigte an jenem Tage bis zur Berührung ihres untern Randes mit der Kimm keine besondern Formveränderungen.

Zur Frage der Luftspieglungen macht Prof. Dr. O. Auhagen einige interessante Bemerkungen.[1]) In den Steppen und Sandwüsten Mittelasiens hat er häufig beobachtet, wie kleine Erhebungen am Horizonte (Bodenschwellungen oder Ammodendronbüsche) von weißlichem Dunste getragen schienen und dadurch das Bild hervorriefen, als ob sie den jenseitigen Saum eines fernen Sees oder auch verstreute Inseln inmitten eines solchen bildeten. Auch hatte er nicht selten den Eindruck, als ob sich jene Erhebungen in der scheinbaren Wasserfläche spiegelten. Russische Begleiter bezeichneten dies Phänomen regelmäßig als „mirage" im Sinne des uns geläufigen Ausdruckes Fata Morgana. Ausnahmslos überzeugte er sich in solchen Fällen bei schärferer Betrachtung, bisweilen unter Zuhilfenahme seines Fernglases, daß jenes Trugbild nicht sowohl durch Luftspieglung, wie vielmehr durch Bodenspieglung hervorgerufen wurde. Der ebene Boden, der in der Projektion der Ferne die Wirkung einer glatten Fläche annahm, spiegelte am Horizonte in breiterm oder schmalerm Saume die anstoßende weiße Luftschicht wider. Also nicht die Luft, sondern der Boden bildete den Spiegel, und die Luft war sozusagen nicht das Subjekt, sondern das Objekt der Spiegelung. Wo der Boden gegen den Horizont in flachem Winkel anstieg oder auch steilere Erhebungen (kleine Hügel, Buschwerk) aufwies, wurde die spiegelnde Wirkung aufgehoben; die Erhebungen und auch die ihrem Fuße nächstgelegenen Bodenstrecken zeigten sich in ihrem eigenen, gegen die Horizontalschicht der Atmosphäre dunklern Lichte. Da jedoch die Anhöhen gewöhnlich unbedeutend waren, so fielen die von der Luftschicht am Horizonte ausgehenden Strahlen über die Erhebungen hinweg auf eine gewisse Zone des vorliegenden Geländes in genügend flachem Winkel ein, um auf das Auge des Beobachters zurückgeworfen zu werden und dadurch den Eindruck zu erzeugen, als ob sich diesseits jener höhern, dunkler gefärbten Linien helle Wasserbecken ausbreiteten. Wenn die Erhebungen nicht nur jenseits, sondern auch innerhalb der reflektierenden Zone näher und ferner auftauchten, so stellte sich vor die Phantasie das Bild großer Seen mit verstreuten Inseln.

[1]) Globus **89**. Nr. 16.

Noch exakter konnte er die gleiche Art der Spieglung im finnischen Schärenmeere vom Schiffe aus beobachten.

In der Wüste wie auf dem Meere war in jedem Falle Gegenstand der Spiegelung der den Horizont begrenzende weiße Ring des Himmelsgewölbes. Der normale Horizont war nicht erweitert, indem durch Luftspieglung einzelne Gegenstände über ihn hinausgehoben worden wären, sondern im Gegenteile eingeengt: eine Zone der See oder Wüste, die in Wirklichkeit noch diesseits des Horizontes lag, schien infolge von Spieglung schon dem Luftmeere oder einer imaginären Wasserfläche anzugehören.

Den Ausdruck „Luftspiegelung", sagt Verfasser, beschränke man auf Fälle, in denen die Luft einen Gegenstand an einer Stelle widerspiegelt, wo er normalerweise nicht erblickt werden könnte, z. B. ein Schiff, das mit den Masten zu unterst in der Luft zu fahren scheint; man vermeide dagegen das Wort bei den ungleich häufigern Erscheinungen der oben beschriebenen Art, wo der Gegenstand, der anscheinend in der Luft schwebt oder sich über einem von der Phantasie geschaffenen See erhebt, am normalen Flecke sichtbar bleibt."

Klimatologie und Wetterprognosen.

Perioden in der Temperatur von Stockholm. A. Woeikof hat die von Hamburg kürzlich herausgegebenen mittlern Monatstemperaturen in Stockholm für den 150 jährigen Zeitraum von 1757 bis 1906 benutzt,[1]) um diese lange und homogene Reihe auf etwaige Periodizitäten zu untersuchen. Es finden sich darin nur wenige Andeutungen nach dieser Richtung, „aber jedes achte Jahr kommt in Stockholm ein sehr warmer Winter, wobei der Januar am meisten, der Februar am wenigsten an dieser Abweichung teilnimmt. Da, namentlich im Winter, sich gleichsinnige Abweichungen vom Mittel auf große Entfernungen erstrecken, sind diese Erscheinungen jedenfalls in einem großen Teile Europas zu finden." Für Petersburg hat Woeikof sie schon früher konstatiert.

„Ich bin," sagt Woeikof, „nicht geneigt, irgend eine kosmische Wirkung anzunehmen in den behandelten Perioden, sondern eher eine Verlagerung der Gebiete hohen und niedern Druckes, und zwar derart, daß in Wintern hoher Temperatur im Norden Europas dieselbe niedrig ist im Süden und namentlich im Südosten. Für die zweijährige Periode der Temperatur wie der Eisbedeckung der Flüsse habe ich Berechnungen angestellt, welche dies zeigen. Jedoch es scheint, daß in den im Norden spezifisch warmen zweiten Wintern der achtjährigen Periode sich die warme Zone mehr nach Süden erstreckt als in andern paaren Wintern, etwa Zentraleuropa und Südzentralrußland noch einschließend."

[1]) Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 433.

Die meteorologischen Verhältnisse Indiens in den Jahren 1892 bis 1902 sind von Sir John Eliot dargelegt worden.[1]) Diese Zeitperiode ist höchst merkwürdig für Indien, weil während derselben die meteorologischen Elemente Abweichungen von ihren normalen Werten zeigten, die bis dahin niemals vorgekommen waren. Man kann die in Rede stehende Periode in zwei Teile zerlegen, welche entgegengesetzte Abweichungen aufweisen, und zwar zeigen die Jahre 1892 bis 1894 ein Übermaß von Regen, Bewölkung und Feuchtigkeit und ein Temperaturdefizit, die Jahre 1895 bis 1902 dagegen sind durch einen Mangel an Regen, geringe Bewölkung, Trockenheit und hohe Temperatur ausgezeichnet.

Während der normale Niederschlag von drei Jahren (Mittel von 450 guten Stationen) 3124 *mm* beträgt, ergab die Periode 1892 bis 1894 3658 *mm*, was einem Überschusse von 534 *mm* entspricht. Die gesamte Niederschlagshöhe von 1895 bis 1902 betrug 7721 *mm* gegen die normale von 8331, blieb gegen dieselbe also um 610 *mm* zurück.

Während zweier Jahre dieser Trockenperiode war das Niederschlagsdefizit über manchen Gebieten so groß, daß Dürren und Hungersnot die Folgen derselben waren. Diese zwei Jahre brachten über die betroffenen Gebiete die ärgste Hungersnot seit 150 Jahren. Die Dürre des Jahres 1896 und die Hungersnot von 1897 betraf die Vereinigten Provinzen, die Zentralprovinzen, Zentralindien und Rajputana, ein Gebiet von 800 000 bis 1 000 000 *qkm* — 3 Millionen Personen empfingen Unterstützungen. Die Dürre von 1899 und die Hungersnot 1900 betraf Südpunjab, Rajpuna, Zentralindien, Beras, die Zentralprovinzen, Hyderabad, die Präsidentschaft von Bombay, Teile von Orissa, Chota Nagpur und Madras, ein Gebiet von 16 000 000 bis 18 000 000 *qkm.* — 6.5 Millionen Leute mußten unterstützt werden.

Die folgende Tabelle enthält die Mittelwerte des Regenfalles über Indien in Millimetern. Zur Bildung der Mittel wurden 450 Stationen verwendet, die von Blanford sorgfältig ausgewählt wurden. Jeder Station wurde das Gewicht erteilt, das ihr nach dem Gebiete zukam, das sie repräsentierte.

1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	Normal
1173.5	1275.1	1209.0	988.0	922.0	1038.8	1054.1	759.4	1028.7	937.2	990.6	1043.9

Die Teilung dieser Jahrgänge in eine nasse und eine trockene Periode ist augenfällig.

Wenn man auf die Beträge der Regenfälle in den einzelnen Jahreszeiten Rücksicht nimmt, so erhält man das Resultat, daß alle Jahreszeiten den abnormalen Bedingungen unterlagen. Während der Periode 1892 bis 1894 hatten alle Teile des Jahres die Tendenz, einen Überschuß an Niederschlag zu liefern. Nur im Jahre 1893 hatte die

[1]) Indian Meteorological Memoirs, vol. XVI, part 11. Meteorolog. Ztschr. 1906. p. 183, woraus oben der Text.

Trockenzeit einen relativ größern Überschuß an Regen als die Regenzeit. Während der trockenen Periode 1895 bis 1902 wiesen alle Jahreszeiten ein Defizit an Regen auf. Bei einem normalen Jahre sind die meteorologischen Zustände in der Trocken- und Regenzeit gerade entgegengesetzt.

Die Beständigkeit der abnormen Verhältnisse in allen Jahreszeiten kann auch aus den Beobachtungen des Bewölkungsgrades, der Feuchtigkeit und der Temperatur gezeigt werden.

Bei der Diskussion der geographischen Verteilung des Regens stellt Sir Eliot fest, daß in der nassen Periode 1892 bis 1894 ganz Indien einen Überschuß von Niederschlag aufwies — nur im Jahre 1894 hatten Bombay, der Malabardistrikt und der Madrasdistrikt, ein Defizit von 2, bzw. 3% der normalen Regenhöhe. Im Jahre 1892 trat der Regenüberschuß namentlich in jenen Gegenden deutlich zutage, die ihren Südwestmonsunregen über das Arabische Meer, in den Jahren 1893 und 1894 in jenen Gebieten, die ihn von der Bai von Bengalen her bekamen. Der Überschuß war in jenen Gebieten größer, die näher an den betreffenden Meeren lagen. Die abnorme Stärke und Ausdehnung der Monsunwinde ist jedoch durch den Niederschlagsüberschuß im Innern des Landes gekennzeichnet.

Während dieser Periode trat der Niederschlagsüberschuß im allgemeinen in Baluchistan, Afghanistan, Persien, Zanzibar und Mauritius auf, während der Regenfall in Arabien und in Port Blair gegen den Normalbetrag zurückblieb. Der Regenmangel in Port Blair ist eine gute Illustration für die allgemeine Regel, daß die Abweichungen der Regenhöhe vom normalen Mittel im Gebiete der Indischen See und im „Landgebiete" entgegengesetzt sind.

Während der trockenen Periode 1895 bis 1902 hatte das ganze Gebiet von Nordbombay, den Zentralprovinzen, Zentralindien und dem Punjab nahezu ohne Unterbrechung ein Regendefizit, und zwar wies Bengalen einen Regenmangel durch fünf Jahre, die Vereinigten Provinzen und Madras durch vier Jahre und Ost- und Südpunjab durch sieben Jahre auf. Das innere Land litt mehr als die Küste, und jene Gebiete, die ihren Regen von der Bombayseite her bekommen, litten mehr als jene, welche denselben aus der Bai von Bengalen erhalten. Im Jahre 1899 blieb der Regenfall von Nordbombay 48% gegen den normalen zurück, jener von Rajputana um 31%. In fünf von den acht Jahren erhielten diese Gebiete mindestens 20% zu wenig Regen.

Auch die an das indische Gebiet angrenzenden Länder, sowie Australien und Südafrika litten an Regenmangel.

Während der feuchten Periode 1892 bis 1894 zeichnete sich der Monsun durch seine lange Dauer aus, und die Beständigkeit und Ausgeprägtheit der Monsunbedingungen waren bemerkenswert. Die trockene Periode war durch die außerordentlich kurze Andauer

des Monsuns bedingt. In den Jahren 1896 und 1898, den Jahren der Dürre, trat keine Verspätung im Eintreffen der Monsunregen ein, doch hörte der Bombaymonsun drei bis sieben Wochen früher als gewöhnlich auf, der Bengalmonsun zwei bis sechs Wochen. Dieses frühzeitige Abbrechen der Regenzeit wirkte namentlich im Gangesgebiet und den Zentralprovinzen vernichtend auf die Ernten. Die ausgebliebene Ernte erzeugte dann die Hungersnot. Die Dürre von 1896 wurde in den Vereinigten Provinzen durch den Regenmangel im ganzen Jahre verschuldet, während dieselbe in den Zentralprovinzen und Berar durch den frühen Abbruch der Regenzeit begründet war. Das Jahr 1899 ist durch den Mangel an schweren Regengüssen (das ist: ein Regenfall von mehr als 70 *mm* in 24 Stunden) in ganz Indien und namentlich im Gebiete des Bombaymonsuns charakterisiert. Die zur Verfügung stehenden Daten zeigen, daß die Länder, die ihren Regen vom Indischen Ozeane erhalten, in den Jahren 1892 bis 1894 einen Überschuß, 1895 bis 1902 einen Mangel an Regen hatten. Rußland, Turkestan und Zentralasien hatten entweder die normale Niederschlagshöhe oder Abweichungen im entgegengesetzten Sinne.

Die Beobachtungen des Bewölkungsgrades, der absoluten und relativen Feuchtigkeit und der Temperatur zeigen, daß der Gang dieser Elemente mit jenen des Regenfalles gut übereinstimmt. Sir John Eliot kommt bei der Diskussion des Luftdruckes zu der wichtigen Erkenntnis, daß die langperiodischen Schwankungen in Richtung, Amplitude und Phase über ganz Indien dieselben sind. Bei der Untersuchung der monatlichen Abweichung vom Normalen stellt es sich heraus, daß der Luftdruck durch lange Perioden über dem Normalen bleibt, um dann wieder lange unter das Normale zu sinken. Die Periodenlänge beträgt ungefähr zwei Jahre. Sir Norman Lockyer und Dr. Lockyer kommen bei ihrer Untersuchung des Regenfalles im Themsegebiete mit Rücksicht auf die Jahresschwankung des Luftdruckes in Bombay auf eine Periode von 3.8 Jahren. Eliot gibt eine Tabelle des Wechsels von positiven und negativen Luftdruckabweichungen und zeigt, daß dieser Wechsel beinahe regelmäßig mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenhängt.

Würden nun diese Schwankungen dem Luftaustausche zwischen dem Indischen Ozeane und Südasien, wie es beim Jahreszeitenwechsel eintreten mag, zuzuschreiben sein, so müßten die Luftdruckschwankungen dieser Gebiete eine ähnliche Periode, aber entgegengesetzte Phase haben; der Vergleich der indischen Daten und jener von Ostindien, China, Südafrika und Australien zeigt aber, daß dies in den Jahren 1895 bis 1902 im allgemeinen nicht der Fall war. Im Jahre 1893 war der Luftdruck in Batavia, Singapore, Kapstadt, Perth und Adelaide unter dem Normalen, in Mauritius, Zanzibar, Hongkong, Zi-ka-wei und Indien über dem Normalen; in andern Jahren jedoch, nämlich 1896, 1898 und 1899 hatte die Luftdruckabweichung über dem ganzen Gebiete des Indischen Ozeanes und über

Südasien denselben Sinn. In der Zeit vor der besprochenen Periode war dies nicht der Fall. Eliot sagt darüber:

„In den Indian Meteorological Memoirs, vol. VI, wurde gezeigt, daß die Luftdruckschwankungen auf Mauritius von 1877 bis 1889 durch zeitlich lange Perioden dargestellt werden konnten, die von ähnlicher Periodendauer, aber entgegengesetzter Phase waren, wie jene von Indien", und an anderer Stelle: „Nach vorläufigen Untersuchungen scheint gewöhnlich die Beziehung zu bestehen, daß die Luftdruckabweichungen über Südasien jenen über dem Indischen Ozeane entgegengesetzt sind." Daraus schließt Eliot, daß in der besprochenen Periode über der halben Osthemisphäre ein großer und abnormer Lufttransport stattgefunden haben mag, der bestimmend auf die Luftdruckwerte wirkte; es stehen ihm jedoch keine geeigneten Beobachtungen zur Verfügung, um das Gebiet aufzufinden, über dem die entgegengesetzten Schwankungen stattgefunden haben. Sir Norman Lockyer und Dr. Lockyer untersuchen in ihrer Abhandlung: „Über die Gleichartigkeit kurzperiodischer Luftdruckschwankungen über großen Gebieten" eine Reihe von Luftdruckkurven, und zwar von Bombay, Colombo, Batavia, Mauritius, Perth, Adelaide und Sidney, und kommen zu folgendem Schlusse: Die auffallende Ähnlichkeit zwischen diesen Kurven zeigt, daß über dem ganzen Gebiete, welches sowohl nördliche, als auch südliche Breiten einschließt, eine einheitliche Luftdruckschwankung stattgefunden hat, und man es daher mit einem meteorologisch zusammenhängenden Gebiete zu tun hat. Letztere Kurven beziehen sich auf die Jahre 1877 bis 1901. Zu erwähnen wäre hierbei noch, daß Sir John Eliot den Ausdruck „Langperiodik" auf jene Variationen anzuwenden scheint, die Sir Norman Lockyer „Kurzperiodik" nennt.

In einer andern Abhandlung geben die beiden Lockyer zwei Luftdruckkurven, eine für Bombay und eine für Cordoba (Argentinien) und sprechen sich über dieselben folgendermaßen aus: „Die Kurve, welche die Luftdruckabweichungen vom Mittel von Cordoba für die Monate hohen Luftdruckes (April bis September) von Jahr zu Jahr darstellt ist ein genaues Spiegelbild der Kurve für Bombay und Indien überhaupt für die gleichen Monate. Die Ursache also, die den Mittelwert der Monate niedrigen Luftdruckes über Indien erhöht, scheint den Mittelwert der Monate hohen Luftdruckes in Cordoba zu erniedrigen. In der Tat haben wir es hier mit einer Verschiebung von Luftmassen zu tun."

In einer weitern Abhandlung teilen die Verfasser die Erdoberfläche in zwei Gebiete, von denen das eine die Luftdruckschwankungen der indischen Type, das andere jene der Cordobatype hat.

Diese Erwägungen sind hier angeführt worden, um zu zeigen, daß es sich hier um eine Meinungsverschiedenheit über die Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der Luftdrucklage von Südasien, Australien und Afrika vor dem Jahre 1892 handelt; und es ist ganz gut möglich,

daß die meteorologischen Verhältnisse dieser Gebiete in der Periode 1892 bis 1902 nicht so abnorm waren, als Sir John Eliot meint.

Aus der Untersuchung der Beobachtungen über die Schwankung der Sonnenstrahlung (mit dem Schwarzkugelthermometer gemessen) geht nach Eliot hervor, daß in den Jahren 1891 bis 1896 oder 1897 die Strahlungsmenge über dem Normalen und in den Jahren 1898 bis 1902 unter dem Normalen war. Da ein solches Strahlungsdefizit die Verdunstung und infolgedessen auch den Regenfall einschränken würde, könnte man aus guten Strahlungsbeobachtungen eine Erklärung der Variationen des Regenfalles und des Luftdruckes erhalten. Die Beobachtungen mit dem Schwarzkugelthermometer sind jedoch nicht hinreichend.

Über die Beziehungen des Monsunregens in Indien zu Wetterlagen entfernterer Gegenden und vorangegangener Zeiten hat M. Prager eine sehr lichtvolle Zusammenstellung der frühern wie der neuesten in Indien ermittelten Tatsachen gegeben.[1] Die jüngsten Veröffentlichungen des Generaldirektors des meteorologischen Dienstes in Indien, Gilbert T. Walker, sind die wichtigsten, und Verfasser geht genauer darauf ein. „Da die Beobachtungen in Indien allein nicht ausreichen, muß die Wetterlage, vor allem die Verteilung des Luftdruckes, über dem ganzen Indischen Ozeane, den angrenzenden Festländern und den vereinzelt liegenden Inseln bekannt sein. Aus dem stetig wachsenden statistisch geordneten Materiale müssen sich durch die längere Erfahrung maßgebende Faktoren absondern lassen, deren ständiges oder periodisches Erscheinen auf den für Indien so wichtigen Regenfall von Einfluß ist. Die wichtigsten Erfahrungssätze sind folgende:

1. Starker Schneefall im April und Mai in den Gebirgen von Nordwestindien und an den Abhängen des Himalaja wirkt nach der bisherigen Erfahrung nachteilig, d. h. vermindernd auf den Juniregenfall in Indien ein. Ungenügender Regen ist zu erwarten, wenn viel und später Schnee gefallen ist, oder das im Mai mit Schnee bedeckte Gebiet größer als gewöhnlich ist.

2. Starker Regen in der Gegend südlich vom Äquator im Mai bedeutet verminderten Monsunregen im Juni in Indien. Der Zusammenhang ist so zu verstehen, daß bei schweren Regenfällen auf Sansibar und auf den Seychellen dem Südwestmonsun weniger Wasserdampf zugeführt wird als sonst, und für Indien ein Mangel an Regen eintritt.

Bemerkenswert ist noch ein gewisser Parallelismus zwischen dem östlichen Seychellen- und dem östlichen indischen Monsungebiete und zwischen dem westlichen Sansibar- und dem westlichen indischen Monsungebiete. Übermäßiger Regen auf den Seychellen gibt zu wenig Regen in der Bucht von Bengalen und in Hinterindien,

[1]) Ann. d. Hydrographie 1906. p. 562ff.

übermäßiger Regen auf Sansibar gibt zu wenig Regen in Abessinien, den Nilländern und in Nordwest- und Vorderindien.

Indes sind dies nur bedingte Schlußfolgerungen, weil genaue Beobachtungen erst für eine kurze Reihe von Jahren vorliegen. In einzelnen Fällen nämlich, wo im Juni auf einen ungenügenden Regenfall in Indien zu rechnen war, und ein solcher tatsächlich eintrat, hat doch die Regenmenge im Juli oder August einen Ausgleich herbeigeführt, so daß doch der normale Regenfall erreicht wurde. Freilich konnte der Ausfall des Juni durch später eintretenden Regen nicht ganz ausgeglichen werden, doch wurden die schlechten Ernteaussichten verbessert. Bemerkenswert ist, daß von den 16 Beobachtungsjahren auf den Seychellen nur die Hälfte eine Übereinstimmung mit dem Schneefalle in Nordwestindien aufweist, in den andern acht Jahren stimmte die Prognose nicht mit der Prognose nach dem subäquatorialen Regen im April und Mai überein. Der ungünstige Einfluß des Schnees im Mai, der für die Gebiete in der Umgebung gewöhnlich im Juni und Juli verminderten Regenfall bedeutet, scheint sich also nicht immer direkt zu äußern und ist wohl auf unbekannte Störungen in der höhern Luftzirkulation zurückzuführen.

Auf einen ähnlichen Vorgang weisen übernormale Regenfälle auf Sansibar im April und Mai hin. Die Monsunströmung nämlich, die Abessinien mit Regen versieht und den Nil speist, steht mit den Regenfällen auf Sansibar in direkter Verbindung. Starker Regenfall auf Sansibar bedingt einen niedrigen Stand des Niles; ebenso stehen starke Schneefälle in Indien in Wechselbeziehung mit dem Stande des Niles, indem starken Schneefällen in Indien gewöhnlich eine verminderte Nilüberschwemmung folgt. Ein Beweis für die Verbindung zwischen starkem Schneefalle und überreichem Regen in der subäquatorialen Region ist der nahe Zusammenhang zwischen abnorm schweren Regen auf den Seychellen und Sansibar im November und Überfluß an Niederschlägen in Oberindien infolge kalter Witterung.

3. Die Luftdruckverhältnisse. Wie es eine Art Luftdruck verteilung für ungünstige Verhältnisse gibt, in welchen starker Schneefall in Indien mit vermehrtem Regen auf Sansibar oder den Seychellen in Wechselwirkung steht, so gibt es eine andere, in welcher hoher Luftdruck im Indischen Ozeane vorkommt, der zuletzt über Indien erscheint. Dieser hohe Luftdruck zeigt sich sowohl über Australien als auch über Mauritius, nur ist er nicht immer vor Juni erkennbar. Er ist auch häufig während der Regenzeit mit relativ hohem Luftdrucke über der Bombayküste und mit ungewöhnlich steilen Gradienten quer über Indien verbunden. Für die Wettervorhersage sind die Luftdruckabweichungen vom Normalwerte von wesentlicher Bedeutung. Eine statistische Zusammenstellung führte zu dem Ergebnisse, daß in 13 von 16 Beobachtungsjahren auf Grund der Luftdruckverhältnisse eine richtige Vorhersage für den Monsun eintraf. Dabei sind aber die meteorologischen Verhältnisse entfernter

Gebiete mit in Betracht zu ziehen, unter andern Sibirien, wo der Einfluß lokaler Wärme oder Kälte auf die Luftdruckverhältnisse von ganz besonderer Bedeutung ist. Ebenso ist der Zusammenhang zwischen dem Luftdrucke in Südamerika und Mauritius, zwischen Sansibar und Abessinien, zwischen Australien und dem Indischen Ozeane (Seychellen) und von Südost-, Ost- und Nordostafrika zu berücksichtigen.

Bezüglich des Jahres 1906 kam Walker zu dem Schlusse, daß für dieses die meiste Bedeutung die starken und späten Schneefälle, verbunden mit übermäßigen subäquatorialen Regenfällen auf Sansibar und den Seychellen im April beanspruchen, im Mai auf Sansibar allein. So erfolge natürlich das Vordringen des Monsuns nach Norden viel langsamer als gewöhnlich, und aus eingegangenen Schiffstagebüchern könne gefolgert werden, daß es einiger Zeit bedürfen werde, ehe das Einsetzen der Regenfälle stattfinde. Diese Eindrücke finden Bestätigung durch Nachrichten aus Ägypten, wo das Steigen des Niles sich verzögerte, auch scheinen die Luftdruckverhältnisse einigermaßen ungünstig für den indischen Monsunregen zu sein. Der Überschuß des Luftdruckes im Indischen Ozeane (ein ungünstiges Zeichen) war allerdings nur sehr klein; dagegen ließen die Angaben aus Chile bestimmt erwarten, daß der Luftdruck im allgemeinen reichlichem Regen doch günstig sein werde.

Der staatliche Wetterprognosendienst in Preußen, der im Sommer 1906 vom Minister für Landwirtschaft eingeführt worden ist, um damit dem Landwirte zu nützen, hat höchst mangelhafte Resultate gezeitigt und damit aufs neue bewiesen, was von praktisch erfahrenen Meteorologen schon sehr oft betont worden ist, daß die heutige Meteorologie gar nicht imstande ist, Wettervorausbestimmungen zu liefern, auf die eine praktische Tätigkeit sich verlassen könnte. In einer Denkschrift des Reichsamtes war angegeben, daß durchschnittlich 91% richtiger Prognosen gemäß dem gegenwärtigen Zustande der Witterungskunde erzielt würden, nämlich für die Bewölkung usw. 93%, für die Temperatur 95%, für die Niederschläge 84% Treffer. Die Prüfung von der meteorologischen Dienststelle Aachen täglich ausgegebenen Wetterprognosen durch Vergleich mit dem wirklich folgenden Wetter in Köln ergab für den dreimonatlichen Zeitraum vom 15. Juni bis 15. September folgendes: Bewölkung usw. nur 43% richtige Treffer, Niederschläge nur 48%, Temperatur nur 51%, also im Durchschnitte für eines dieser Witterungselemente nur 47% richtige Prognosen. Es ist nicht anzunehmen, daß die andern meteorologischen Dienststellen wesentlich bessere oder schlechtere Ergebnisse erzielt hätten, und man erkennt daher unmittelbar, in wie hohem Grade die Angaben in der Denkschrift des Reichsamtes übertrieben sind. Außerdem ist die Berechnungsweise in der genannten Denkschrift völlig unrichtig und irreführend. Denn der durchschnittliche Prozentsatz, der dort angegeben wird, bezieht sich nur auf ein Witterungs-

element, während doch das Wetter eines Tages, abgesehen vom Winde, durch Himmelszustand, Niederschlag und Temperatur zugleich charakterisiert wird. Fragt man aber, wie oft diese drei Witterungselemente gleichzeitig während des obigen Zeitraumes richtig von der Dienststelle Aachen voraus angekündigt wurden, so ergibt sich hierfür ein Prozentsatz von nur 15%! Dieses Ergebnis bleibt sogar weit zurück hinter dem, welches ein erfahrener Wetterbeobachter lediglich aus dem Verhalten seines Barometers und dem Aussehen des Himmels an seinem Beobachtungsorte über das Wetter des nächsten Tages selbst schließen kann. Eine solche lokale Ortsprognose für Köln während des gleichen dreimonatlichen Zeitraumes, die täglich aufgestellt wurde, ehe das meteorologische Depeschenmaterial eintraf, und die nur etwa 1 bis 2 Minuten Überlegung erforderte, ergab in bezug auf die oben genannten Witterungsfaktoren 8% mehr volle Treffer, als die „Aachener Dienststelle" erzielte, und ebensoviel weniger völlig falsche Prognosen als die nämliche „Dienststelle".

Man ersieht hieraus, was es mit dem Werte der staatlich eingerichteten Wetterprognosen für den Landwirt auf sich hat. Es ist überhaupt eigentümlich, daß ungeachtet das Publikum seiner Entrüstung über die vielen völlig unrichtigen Wetterprognosen der verschiedenen Zentralstellen oft und drastisch genug Ausdruck gegeben hat, von gewisser Seite der Staat zur Einrichtung von Wetterprognosenzentralen veranlaßt worden ist, die keinen wirklichen Nutzen der Landwirtschaft gewähren, wohl aber die Telegraphen- und Postämter und Tausende Beamte tagtäglich mit Arbeiten belasten sowie erhebliche Geldsummen verschlingen. Auf die Motive, welche hierbei obgewaltet haben mögen, fällt ein bedeutsames Licht, wenn man vernimmt, daß, offenbar von derselben Seite, auch die Handelstreibenden und Industriellen angegangen worden sind, sich für die Notwendigkeit von staatlichen Wetterprognosen zu begeistern. In den Zeitungen konnte man lesen, daß die Ältesten der Berliner Kaufmannschaft umfangreiche Erhebungen veranstaltet und den Reichsbehörden übermittelt hätten über die Bedeutung der Reform des Wetternachrichtendienstes für Handel und Gewerbe. Dem Eingeweihten wird dadurch die Annahme nahegelegt, daß es sich hierbei um Anpreisungen handelt, die auf ganz besondern Motiven beruhen, da sie weder der Wissenschaft, noch dem Publikum nützen. Auch scheint es eine und dieselbe Quelle zu sein, aus der die Artikel in den Berliner Zeitungen stammen, Artikel, welche die genannten Blätter harmlos abdruckten, weil sie offenbar meinten, damit dem Publikum und der Wissenschaft zu nützen. Solche Artikel dienten ihrerseits wiederum als Quelle für Reporter und Literaten, um daraus für Blätter zweiten und dritten Ranges Artikel zu fabrizieren, die bei deren Lesern den Anschein erwecken sollen, als stammten sie von Sachkennern her.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 10890

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte

auf den Gebieten der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XVIII. Jahrgang 1907.

Mit fünf Tafeln.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1908.

Inhaltsübersicht.

Seite

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Sonnenparallaxe nach den Beobachtungen des Eros. Die Annäherung des kleinen Planeten Eros an die Erde während seiner Opposition im Oktober 1900 bis zum Januar 1901, bei der er unserem Planeten bis auf 0.315 Erdbahnhalbmesser nahe kam, ist von verschiedenen Observatorien benutzt worden, nach einem gemeinsamen Plane durch photographische Beobachtungen einen scharfen Wert für die Sonnenparallaxe zu ermitteln. Infolgedessen sind überaus zahlreiche Aufnahmen ausgeführt worden, deren endgültige Bearbeitung aber noch geraume Zeit ausstehen wird. Unter diesen Umständen hat der Kgl. Astronom zu Greenwich es für richtig gehalten, zunächst den allein aus den Greenwicher Beobachtungen sich ergebenden Wert der Sonnenparallaxe definitiv abzuleiten. Im ganzen wurden bei dieser Untersuchung 151 Aufnahmen mit dem 13-zolligen photographischen Refraktor und 103 mit dem 26-zolligen (Thompson-)Äquatorial ausgemessen, welche sich über den Zeitraum vom 1. Oktober 1900 bis zum 25. Februar 1901 erstrecken. Die Ausmessungen und Berechnungen, die unter Berücksichtigung aller Umstände aufs genaueste durchgeführt wurden, ergaben folgenden als definitiv angenommenen Wert der Sonnenparallaxe $\pi = 8.800''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0.0044''$. Es ist merkwürdig, aber natürlich nur zufällig, daß dieser Wert für die Sonnenparallaxe vollkommen übereinstimmt mit dem auf der internationalen Konferenz zu Paris (1896) als vorläufig für den Gebrauch in den astronomischen Ephemeriden angenommenen Werte. Es ist wünschenswert, daß die andern an den Erosbeobachtungen beteiligten Observatorien in ähnlicher Weise wie Greenwich, jede für sich die aus ihren Beobachtungen folgende Größe der Sonnenparallaxe ermitteln. Nachdem dieses geschehen, wird eine endgültige Berechnung derselben auf Grund der Erosbeobachtungen 1900 bis 1901 ausgeführt werden.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1906 wurde von Prof. Wolfer (Zürich) in der altgewohnten Weise festgestellt.[1]) In der folgenden Tabelle sind die monatlichen Relativzahlen, welche sich aus den Beobachtungen zu Zürich und aus sämtlichen übrigen Aufzeichnungen ergaben, zusammengestellt.

1906	Beob.-Tage	Fl.-freie Tage	Relativ-zahl
Januar	31	0	45.5
Februar	28	0	31.3
März	31	0	64.5
April	30	0	55.3
Mai	31	0	57.7
Juni	30	0	63.2
Juli	31	0	103.3
August	31	0	47.7
September	30	0	56.1
Oktober	31	4	17.8
November	30	0	38.9
Dezember	31	0	64.7
Jahr	365	4	53.8

Hiernach stellt sich das definitive Jahresmittel der beobachteten Relativzahlen für 1906 auf r = 53.8, was gegenüber dem Vorjahre 1905 (r = 63.5) bereits eine Abnahme von zehn Einheiten ergibt. „Es unterliegt also wohl keinem Zweifel, daß das Maximum der laufenden 11-jährigen Periode überschritten ist, aber die Bestimmung seiner Epoche ist gegenwärtig noch nicht mit voller Sicherheit möglich, denn die Reihe der Monatsmittel der beobachteten Relativzahlen zeigt, wenn die bis heute vorliegenden Beobachtungen von 1907 noch hinzugezogen werden, drei Maxima von nahe übereinstimmender Höhe, nämlich

1905	November	mit	r = 107.2
1906	Juli	„	r = 103.3
1907	Februar	„	r = 107.0

aus denen hervorgeht, daß die Tätigkeit noch bis in den Anfang von 1907 sich zeitweilig zu gleicher Stärke wie vorher erhoben hat. Dies macht sich in ähnlicher Weise auch in den ausgeglichenen Relativzahlen geltend, die für die Ermittlung der Maximal- und Minimalepochen allein maßgebend sind. Die Monatsmittel bewegen sich immer noch zwischen weiten Grenzen; das größte im Juli mit r = 103.3 und das kleinste im Oktober mit r = 17.8 liegen um 85.5 Einheiten auseinander, ein Betrag, der die entsprechende Amplitude des Jahres 1905 noch um 17 Einheiten übersteigt.

„Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Fleckenbildungen des Jahres 1906 sich nach Zahl und Stärke überwiegend auf drei Gebieten der äquatorialen Fleckenzone angehäuft haben, deren eines in den kleinen, ein zweites in den mittlern, das dritte

1) Astr. Mitt. Nr. XCVIII. — Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich 1907.

in den großen heliographischen Längen lag. Keines dieser Gebiete blieb ununterbrochen während des ganzen Jahres in gleicher Intensität mit Flecken besetzt, sondern jedes von ihnen läßt zeitweise ein vorübergehendes Nachlassen und späteres Wiederzunehmen der fleckenbildenden Tätigkeit erkennen. Darin liegt offenbar nur eine besondere Folge des oszillierenden Charakters der ganzen Erscheinung überhaupt, und es ist bemerkenswert, daß, ungeachtet dieser Schwankungen der Intensität, die örtliche Verteilung dennoch in der Hauptsache während des ganzen Jahres dieselbe geblieben ist."

Die charakteristischen Erscheinungen der Sonnenfleckenspektra. Hierüber machten George E. Hale, Walter S. Adams und Henry G. Gale vorläufige Mitteilungen.[1]) Als charakteristische Eigentümlichkeiten der Spektra der Sonnenflecken treten besonders drei Punkte in den Vordergrund: 1. die Tatsache, daß in dem Spektrum eines bestimmten Elementes einige Linien verstärkt, andere hingegen geschwächt sind, und der Rest der Linien unverändert bleibt. 2. daß alle verstärkten Linien im sichtbaren Spektrum liegen, keine im Ultraviolett vorkommt, und daß sie im Rot, Gelb und Grün vorherrschen. 3. daß der kontinuierliche Hintergrund des Fleckenspektrums in der weniger brechbaren Gegend relativ sehr intensiv ist. Anderseits wissen wir von den Spektren bei verschiedenen Temperaturen: 1. daß beim Übergang von einer hohen Temperatur zu einer tiefen manche Linien verstärkt werden, andere unverändert bleiben und noch andere an Intensität einbüßen; 2. daß eine derartige Abnahme der Temperatur begleitet ist von einer Zunahme der relativen Intensität der weniger brechbaren Linien und einer Verschiebung des Maximums des kontinuierlichen Spektrums nach dem Rot. Diese beiden Gruppen von Tatsachen entsprechen einander im allgemeinen so gut, daß sie miteinander in engere Beziehung gebracht und zur Erklärung der Spektra der Sonnenflecken die Hypothese aufgestellt wurde, daß in den Flecken die Metalldämpfe eine niedrigere Temperatur besitzen als in der Photosphäre.

Zur Untersuchung dieser Hypothese lag ein reiches, zuverlässiges Material an Photographien der Sonnenfleckenspektra vor, das ergänzt wurde durch Laboratoriumsversuche über die Spektra der Metalle Titan, Vanadium, Eisen, Chrom, Mangan, Kalzium u. a. im elektrischen Bogen eines starken elektrischen Stromes (30 Amp.) und eines schwachen (2 Amp.), sowie im elektrischen Funken. Die Spektra wurden mit einem Gitterspektroskop dargestellt und photographisch fixiert. Die Verfasser geben nun für die vorläufige Untersuchung zwei Reihen von Tabellen der Spektral-

[1]) Contributions from the Solar Observatory Nr. 11. — Naturwissenschaftl. Rundschau 1907. Nr. 14.

linien eines jeden der erstgenannten fünf Elemente von λ 5800 bis ins Violett, die in den Sonnenflecken, in den beiden Bogen und im Funken Veränderungen zeigen beim Vergleiche der Fleckenspektra mit denen der Sonnenscheibe und beim Übergange von dem einen zum andern Bogen oder Funken.

In der ersten Reihe der Tabellen sind für jedes der genannten Metalle die Wellenlängen aller Linien gegeben, welche in den Flecken hervorragend verändert sind, die Größe der Veränderungen, ihr Verhalten im Schwachstrombogen verglichen mit dem im Starkstrome, und im Funken im Vergleiche zum Schwachstrome nach einer willkürlichen Skala von 0 bis 5. Die zweite Reihe der Tabellen besteht aus einer Vergleichung der Intensitäten derjenigen Linien dieser Elemente, die bedeutend vergrößert (enhanced) sind im Funken, mit ihren Intensitäten im schwachen Bogen.

Die Diskussion der in den Tabellen zusammengestellten Werte führt die Verfasser zu den nachstehend kurz zusammengefaßten Ergebnissen:

„1. Diese Abhandlung enthält eine vorläufige Studie der wichtigern Sonnenfleckenlinien in dem Spektralgebiete oberhalb λ 5800, die dem Titan, Chrom, Eisen, Vanadium und Mangan angehören — den für die Sonnenflecken charakteristischen Metallen. 2. Über 90% der Linien in unsern Tabellen, welche in den Sonnenflecken verstärkt sind, findet man auch verstärkt beim Übergange von einem 30 Amp.-Bogen zu einem 2 Amp.-Bogen. 3. Über 90% der Linien, die nach unsern Tabellen in den Sonnenflecken geschwächt erscheinen, sind schwächer oder fehlen im 2 Amp.-Bogen. 4. Über 90% der vergrößerten Linien (des Funkens), die in unsern Tabellen vorkommen, sind schwach oder fehlen in dem 2 Amp.-Bogen. 5. In einer Reihe von 152 aufs Geratewohl entnommenen Linien, die keine Fleckenlinien sind, wurde kein Fall von Linien gefunden, die im Schwachstrombogen oder in der Flamme verstärkt sind. 6. Wir sind noch nicht so weit, eine endgültige Meinung auszusprechen, aber wir neigen zu der Ansicht, daß Temperaturunterschiede eine zulängliche Erklärung der obigen Erscheinung sind. Unsere Gründe für diese Ansicht können wie folgt zusammengefaßt werden: a) die Ähnlichkeit der spektroskopischen Erscheinungen des Schwachstrombogens mit denen des synchronischen, untern Phasenbogens, der von Crew für einer niedrigen Temperatur entsprechend gehalten wird; b) die wahrscheinliche Abnahme der Temperatur des Bogens mit abnehmender Stromstärke; c) das Verhalten der vergrößerten Linien in dem 2 Amp.-Bogen; d) das Vorkommen der Sonnenfleckenlinien in den roten Sternen."

In einem längern Zusatz zu ihrer Abhandlung geben die Verfasser Daten über ihre weitern Untersuchungen der Frage, besprechen die Einwände, welche gegen die Temperaturhypothese erhoben werden können, und widerlegen sie teilweise unter Hinweis auf die

fernern Arbeiten, von denen eine definitive Entscheidung erwartet werden muß.

Die Wärmestrahlung der Sonne. Ch. Féry und G. Millochau haben mittels eines von dem erstgenannten zur Messung hoher Temperaturen in technischen Betrieben konstruierten „pyrometrischen Teleskops“ versucht, die Wärmestrahlung der Sonne zu messen.[1]) Das benutzte Instrument ist ein Fernrohr von 103 *mm* Objektivdurchmesser und 0.8 *m* Brennweite. In dem Brennpunkte desselben ist ein Thermoelement aus Eisen-Konstantan angebracht, das die Gestalt eines Fadenkreuzes hat, und bei dem die Masse der Lötstelle ungefähr 1 *mg* beträgt. Man erblickt in diesem Instrumente bei genauer Einstellung das Fadenkreuz des Thermoelements, sowie gleichzeitig das am Himmel zu beobachtende Objekt. Das Rohr ist verschlossen durch ein von zwei Metallkreisen gebildetes Diaphragma, von denen der eine fest, der andere drehbar ist, und jeder einen Ausschnitt in Form eines Quadranten besitzt. Die Öffnung des auf das Thermoelement auffallenden Strahlenbündels kann also von 0 bis zur halben Rohröffnung variiert werden. Die Thermokraft des Eisen-Konstantanelements wurde mit einem Galvanometer mit beweglicher Spule bestimmt und bei den Messungen die Öffnung des Diaphragmas stets so klein gehalten, daß der Ausschlag des Galvanometers nicht mehr als 1 Millivolt ausmachte. Bis zu dieser Grenze waren die Angaben des Galvanometers stets proportional der Fläche des Diaphragmas.

Die Kalibrierung des Instrumentes erfolgte durch Einstellung auf einen elektrischen Ofen von 1673°. Die Temperaturmessungen der Sonnenscheibe wurden ausgeführt in dem Observatorium Janssen auf dem Montblanc (4810 *m*), in Grands-Mulets (3050 *m*), in Chamonix (1030 *m*) und in Meudon (150 *m*). Im Mittel ergab sich aus den Messungen zu Meudon 4820°, in Chamonix 5140°, auf dem Montblancgipfel 5560°. Die bei den zu verschiedenen Tagesstunden stattfindenden Sonnenhöhen sich ergebenden Differenzen zwischen den ermittelten Temperaturen gestatten, den Einfluß der Absorption in der Erdatmosphäre zu eliminieren, worauf sich als effektive Sonnentemperatur der Wert 5620° ergab.

Außer diesen Messungen wurden auch Beobachtungen in der Weise ausgeführt, daß man das Sonnenbild sich über das Fadenkreuz des Instrumentes fortbewegen ließ und die hierbei angezeigten Temperaturen ermittelte. Die so längs eines Durchmessers der Sonnenscheibe gemessenen Temperaturen gestatten dann, die Korrektion für die Absorption in der Sonnenatmosphäre zu bestimmen. Für die absolute Temperatur des Sonnenkernes (?) er-

[1]) Compt. rend. 1906. **143**. p. 505. 570. 781.

gaben sich zuletzt Werte von 5888 bis 5963°. Es scheint hiernach, daß die effektive Temperatur nicht viel von 6000° verschieden sein dürfte.

Die vertikale Temperaturabnahme in der Sonnenatmosphäre. Prof. Schwarzschild benutzte[1]) die Erscheinung der Lichtabnahme von der Mitte zum Rande der Sonne zur Entscheidung der Frage, ob in den obern Schichten des Sonnenballes, in der Sonnenatmosphäre, „adiabatisches“ oder „Strahlungsgleichgewicht“ überwiege, ob also durchmischende Bewegungen oder aber ausschließlich nur Strahlung die Energie aus der Tiefe von Schicht zu Schicht übertrage. Die theoretischen Beobachtungen liefern verschiedene interessante Folgerungen. So findet Schwarzschild bei Annahme „isothermen“ Gleichgewichtes, gleicher Temperatur bei verschiedenem Drucke usw., daß sich für ein Gas vom Molekulargewicht der Luft, bzw. des Wasserstoffes, Druck und Dichte auf 14.7, bzw. 212 *km* Tiefenzunahme verzehnfachen würden. Das entspricht, von der Erde gesehen, Winkeln von 0.02″, bzw. 0.29″. Eine so rasche Zunahme der Dichte auf so geringen Strecken würde sehr wohl die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe erklären. Bei adiabatischem Gleichgewichte würde sich auf der Sonne der Temperaturgradient für Luft zu 1° auf 3.63 *m*, für Wasserstoff zu 1° auf 52 *m* ergeben. Um also zu der Temperatur 6000° zu kommen (der sog. effektiven Oberflächentemperatur), brauchte man von der Atmosphärengrenze, wo Druck, Dichte und Temperatur = 0 sind, nur 22 *km* hinab zu steigen, wenn es sich um Luft, und 300 *km*, wenn es sich um Wasserstoff handelte. Das Strahlungsgleichgewicht würde eine unendlich weite Erstreckung der Sonnenatmosphäre bei konstanter (relativ hoher) Temperatur in großer Höhe und allerdings verschwindender Dichte ergeben. Es wäre stabil für eine Atmosphäre aus ein-, zwei- und dreiatomigen Gasen, instabil für tiefere, heißere Schichten und für mehratomige Gase. Für die Abnahme der Strahlung von der Mitte zum Rande der Sonnenscheibe führt diese Annahme über die Zustände im Sonnenballe zu andern Resultaten als die Annahme des adiabatischen Gleichgewichtes. Die von Prof. Schwarzschild unter diesen beiden Hypothesen berechneten Verhältniszahlen sind in folgender Tabelle unter Str. und Ad. aufgeführt unter Beifügung der von ihm zitierten Beobachtungsdaten (M.) aus G. Müllers „Photometrie der Gestirne“, sowie der Juliusschen Resultate (Jul.); d ist der Abstand der betreffenden Zone von der Sonnenmitte in Teilen des Radius:

---

[1]) Über das Gleichgewicht der Sonnenatmosphäre. Nachr. d. K. Ges. d. Wissensch. in Göttingen, math.-physik. Klasse, 1906, Heft 1. Referat von Prof. Berberich in Naturw. Rundsch. 1906. 1. November, wonach oben der Text.

d	Str.	Ad.	M.	Jul.
0.0	1.00	1.00	1.00	1.000
0.2	0.99	0.98	0.99	0.986
0.4	0.95	0.92	0.97	0.940
0.6	0.87	0.80	0.92	0.855
0.8	0.73	0.60	0.81	0.701
0.9	0.63	0.44	0.70	0.550
0.95	0.54	0.31	0.61	0.440
1.0	0.33	0.00	(0.40)	(0.240)

„Man sieht, daß das Strahlungsgleichgewicht die Helligkeitsverteilung auf der Sonnenscheibe so gut darstellt, als bei den vereinfachten Voraussetzungen, unter denen hier gerechnet worden ist, erwartet werden kann, daß das adiabatische Gleichgewicht hingegen ein ganz anderes Aussehen der Sonnenscheibe zur Folge hätte. Damit hat die Einführung des Strahlungsgleichgewichtes eine gewisse empirische Rechtfertigung gefunden.“

Nicht berücksichtigt hat Prof. Schwarzschild in dieser vorläufigen Untersuchung die von A. Schuster angenommene Zerstreuung des Lichtes an den Atmosphärenteilchen, Refraktion und Absorption, die Abnahme der Schwere mit der Höhe und die kugelförmige Ausbreitung der Strahlung. Er will daher seine Betrachtung nicht als abschließend oder zwingend angesehen wissen.

Photographische Vergleichung des Spektrums im Zentrum und am Rande der Sonnenscheibe. Schon 1873, dann 1879 und 1880 hat Prof. Hastings auf Grund seiner Untersuchungen ausgesprochen, daß das Spektrum der Mitte der Sonnenscheibe sich von demjenigen des Sonnenrandes nur äußerst wenig unterscheide, so daß ein Unterschied nur mit den vorzüglichsten Instrumenten eben wahrnehmbar werde. Einige der dicksten und dunkelsten Linien, besonders solche des Wasserstoffes, Magnesiums und Natriums, welche im Zentrum der Sonnenscheibe an der Seite weniger scharf begrenzt erscheinen, sind dies nicht mehr auf den Spektren des Sonnenrandes, einige andere Linien sind im Randspektrum der Sonne etwas schärfer oder dagegen schärfer im Spektrum des Sonnenmittelpunktes. George E. Gale und Walter S. Adams haben diese Untersuchungen mit verbesserten Instrumenten wieder aufgenommen[1]) und sind im ganzen zu einem sehr ähnlichen Resultat gekommen. Sie geben in einer Tabelle die Resultate ihrer Vergleichung des Spektrums der Sonnenmitte mit denen des Sonnenrandes für drei Regionen in verschiedenen Teilen des ganzen Spektrums, sowie Abbildungen der beiden Spektra in Lichtdruck.

Neue spektroskopische Untersuchungen der Sonne. Nach dem zuerst von Doppler (1842) aufgestellten Prinzip muß sich infolge der Bewegung einer Lichtquelle die Position ihrer Spektrallinien

[1]) Astrophysical Journal 1907. June. p. 300.

etwas ändern, und zwar findet bei Annäherung eine Verschiebung derselben gegen das violette, bei Entfernung vom Beobachter eine Verschiebung gegen das rote Ende des Spektrums hin statt. Diese Verschiebungen sind bei den unter den Weltkörpern vorkommenden Bewegungen äußerst gering, aber doch für unsere Instrumente meßbar. Zöllner hat zuerst nachgewiesen, daß diese Verschiebung ein Mittel darbiete, die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne direkt zu messen. Auf der uns zugewandten Seite der Sonne erfolgt die Bewegung von Osten nach Westen, so daß also die am östlichen Rande befindlichen Teile der Sonnenoberfläche sich uns nähern, die des westlichen Randes dagegen von uns entfernen. Infolgedessen müssen die Spektrallinien des östlichen Sonnenrandes gegen Violett, die des westlichen gegen Rot hin verschoben erscheinen, im Vergleiche zu ihrer Position auf der Mitte der Sonnenscheibe. Die Richtigkeit dieses Schlusses hat zuerst Prof. H. C. Vogel im Juni 1871 gezeigt, indem er eine unzweifelhafte Verschiebung der F-Linie im Sinne der Sonnenrotation erkannte, doch waren damals die spektroskopischen Hilfsmittel noch nicht entwickelt genug, um die Größe der Verschiebung zu messen. Später haben Prof. Young und Henry Crew numerische Werte auf diesem Wege erhalten, aber die genauesten Beobachtungen sind diejenigen von Prof. Dunér in Upsala aus den Jahren 1887 bis 1889. Er stellte bei diesen Beobachtungen den Spalt des Spektroskopes auf Punkte am Sonnenrande ein, welche 0°, 15°, 30°, 45°, 60° und 75° nördliche und südliche heliographische Breite besitzen, und bestimmte für diese Punkte die Geschwindigkeit der Rotation durch Messung der Verschiebungen zweier durch glühende Eisendämpfe auf der Sonne erzeugten Linien. Diese beiden Linien haben nach Rowland folgende Wellenlängen $\lambda = 6301.718$ und 6302.709; sie befinden sich in geringer Entfernung von zwei dunkeln Linien, die dem Absorptionsspektrum der Erdatmosphäre angehören und also durch die Rotation der Sonne in ihrer Lage nicht beeinflußt werden. Nach der von Prof. Dunér benutzten Methode, aber mit einem noch vollkommeneren Instrumente, hat Dr. J. Halm in Edinburg seit 1901 Untersuchungen über die Rotation der Sonne begonnen, die zu sehr überraschenden Ergebnissen führten, und über welche er unlängst in Kürze berichtete.[1]) „Obgleich," sagt er, „ein endgültiges Urteil über einige der erhaltenen Resultate erst möglich sein wird nach Ausdehnung der Beobachtungen über mindestens einen vollen Sonnenfleckzyklus, scheint es mir dennoch wichtig, jetzt schon die Aufmerksamkeit auf einige merkwürdige und bislang unbekannte Erscheinungen zu lenken, deren Realität nunmehr durch die Beobachtungen festgestellt zu sein scheint, und die nach meiner Ansicht verdienen, einer fortgesetzten allgemeinen Prüfung unterworfen zu werden. Dies bezieht sich in erster Linie

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4146—4147.

auf eine von mir entdeckte Veränderlichkeit der Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums. Aus den im Originale mitgeteilten Zahlenreihen ergibt sich, daß die Fraunhoferschen Linien des Sonnenrandes, nach Abzug der durch die Sonnenrotation und die Bewegung des Beobachters gemäß dem Dopplerschen Prinzip veranlaßten Verschiebungen, noch unzweifelhafte Spuren einer aus sicher bekannten Ursachen nicht erklärbaren Verschiebung aufweisen, die periodisch veränderlich ist und höchst wahrscheinlich in näherm Zusammenhange mit der Sonnentätigkeit steht. Eines der wichtigsten Resultate meiner Untersuchung, an dessen Möglichkeit merkwürdigerweise bei Aufstellung des Programmes gar nicht gedacht wurde, ist dieses, daß die bei den Messungen benutzten Absorptionslinien des Sonnenspektrums sich im Laufe der Untersuchung, d. h. also zwischen den Jahren 1901 und 1906, allmählich nach dem Rot verschoben haben, und in dieser Richtung gegenwärtig etwa 0.02 Angströmeinheiten[1]) von den Stellungen abweichen, die sie im Jahre 1901 eingenommen hatten. Als weiteres Ergebnis zeigte sich, daß die Linien des Sonnenrandes, verglichen mit denen des Sonnenzentrums, eine bestimmt nachweisbare Verschiebung nach Rot zeigten, daß diese Verschiebung jedoch für verschiedene Linien nicht die gleiche ist, sondern höchst wahrscheinlich bestimmt wird durch das Niveau, in welchem sich die die betreffenden Linien emittierenden Gase in der Sonnenatmosphäre befinden."

In seiner Beobachtungsmethode ist Dr. Halm durchaus Professor Dunér gefolgt und hat auch die nämlichen Spektrallinien wie dieser benutzt, indem er an jedem Rande dieselben mit benachbarten Linien des Luftspektrums verglich. Die Verwendung dieser tellurischen Linien als Vergleichslinien ist natürlich auf die Voraussetzung gegründet, daß die relativen Bewegungen der von dem Lichtstrahle durchsetzten Schichten der Erdatmosphäre gegen den Beobachter gering genug sind, um eine Vernachlässigung der dadurch veranlaßten Verschiebungen der tellurischen Linien zu rechtfertigen. Eine leichte Rechnung überzeugt, daß selbst unter den extremsten Annahmen hinsichtlich möglicher Luftbewegung gegen den Beobachter, die Verschiebung weniger als $^1/_{1000}$ einer A. E. beträgt, und gegen die nachgewiesenen Verschiebungen der Sonnenlinien, die mehrere Hundertstel dieser Einheit betragen, nicht in Betracht kommt.

Infolge der Anordnung des Instrumentes erscheinen im Beobachtungsfernrohre die Spektra zweier gegenüberliegender Sonnenränder von bekannter heliographischer Breite gleichzeitig nebeneinander. In jedem dieser Spektra wurden die Abstände der vier Linien (der beiden Sonnenlinien und der beiden tellurischen Linien) voneinander

---

[1]) Eine Angströmsche Einheit (A. E.) ist gleich einem zehnmilliontel Millimeter.

sorgfältig mit Hilfe des Mikrometers bestimmt. Die Messungen ergaben dann sogleich die Größe der Verschiebungen der Sonnenlinien und damit die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne unbeeinflußt von der Bewegung des Beobachters nach oder von der Sonne. Man kann aber auch durch geeignete Gruppierung der Messungsergebnisse diejenigen Verschiebungen ausschalten, welche durch die Sonnenrotation hervorgerufen werden, und erhält dann als Rest die Größe der Verschiebungen infolge der Bewegung des Beobachters gegen die Sonne. Diese letztere setzt sich zusammen aus der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde, sowie außerdem aus der Bewegung der Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt von Erde und Mond. Diese Korrektionen wurden bei Berechnung der Messungen berücksichtigt, und es ergaben sich dann nach Dr. Halm folgende Resultate:

Zeit der Beobachtung	Abstand der Sonnenlinien von den tellurischen Linien in A. E.	Zeit der Beobachtung	Abstand der Sonnenlinien von den tellurischen Linien in A. E.
1901.64	0.3840	1904.16	0.3712
68	0.3834	27	0.3698
83	0.3823	41	0.3728
1902.17	0.3870	50	0.3746
26	0.3813	71	0.3722
48	0.3824	75	0.3719
67	0.3783	1905.42	0.3717
80	0.3767	45	0.3705
1903.19	0.3732	48	0.3701
31	0.3742	54	0.3715
40	0.3710	78	0.3658
43	0.3705	1906.11	0.3655
63	0.3678	14	0.3651
72	0.3713	29	0.3628
79	0.3726	42	0.3637
84	0.3732	44	0.3621
		55	0.3648

‚Ein Blick auf diese Tabelle“, sagt Dr. Halm, „zeigt, daß der Abstand zwischen den solaren und tellurischen Linien während des ganzen Zeitraumes stets abgenommen hat. Der Charakter dieser Veränderungen wird indessen viel deutlicher, wenn sie in Form einer Kurve dargestellt werden. Aus dieser Kurve geht hervor, daß die Verkleinerung des Abstandes nicht gleichförmig stattgefunden hat. Es scheint, als ob einer längern Periode, deren Abschluß noch längst nicht erreicht ist, eine kürzere, etwa dreijährige Periode superponiert ist.

Daß es sich hierbei nicht um Verschiebungen der tellurischen Linien handeln kann, wird ohne weiteres zugegeben werden müssen. Die Größe der Verschiebung schließt jeden Gedanken an eine solche Erklärung aus.

Von Interesse ist die Frage, ob beide solaren Linien sich um denselben Betrag gegen die tellurischen Linien verschoben haben. Die Beobachtungen geben auf diese Frage eine bejahende Antwort. Der Abstand betrug im Jahre 1901 0.9922 A. E., im Jahre 1906 0.9915 A. E. Der Unterschied zwischen beiden Werten ist jedenfalls zu gering, um für reell erklärt zu werden."

„Geben wir," fährt Dr. Halm fort, „die Realität der nachgewiesenen Verschiebung zu, so sind wir zugleich genötigt, ihren Ursprung in Vorgängen auf der Sonne zu suchen. Dabei dürfen wir nicht aus dem Auge verlieren, daß die Untersuchung sich bis jetzt nur auf Punkte des Sonnenrandes bezogen hat. Wir dürfen noch nicht den Schluß ziehen, daß das Phänomen sich in derselben Weise gezeigt haben würde, wenn statt der beiden Sonnenränder die Sonnenmitte beobachtet worden wäre. Es schien mir sogar von vornherein nicht nur wahrscheinlich, sondern notwendig, daß, falls es sich hier um ein wirkliches Sonnenphänomen handelt, dessen Äußerung am Rande und in der Mitte der Sonnenscheibe wesentlich verschieden sein müsse. Diese Überlegung bestimmte mich, die am Rande gemessenen Abstände zwischen den solaren und tellurischen Linien direkt mit den in der Mitte der Sonnenscheibe gemessenen zu vergleichen, um zu erfahren, ob ein Unterschied zwischen beiden bemerkbar sei. Ich führte demgemäß zwischen Mai und August dieses Jahres eine längere Beobachtungsreihe aus, indem ich zunächst, wie vorher beschrieben, die Abstände für zwei gegenüberliegende Punkte des Sonnenrandes bestimmte und durch Mittelbildung den Einfluß der Rotation eliminierte, zugleich aber auch jedesmal das Spektroskop genau auf die Mitte der Sonnenscheibe richtete und den Abstand zwischen den solaren und tellurischen Linien für diesen Punkt bestimmte. Als Resultat ergab sich, daß der Abstand für den Sonnenrand jedesmal erheblich kleiner gefunden wurde als für die Sonnenmitte. Mit andern Worten: Verglichen mit der Sonnenmitte, erschienen die beiden solaren Linien am Rande merklich gegen Rot hin verschoben."

Als mittlerer Wert für die Größe der Verschiebung ergab sich +0.012 A. E. Der Betrag der Verschiebung hängt nicht merklich von der heliographischen Breite ab und ist für die Pole wesentlich derselbe wie für den Äquator. Ferner hat Dr. Halm sich des öftern überzeugt, daß die Weite des Spaltes keinen Einfluß auf die Erscheinung hat, sowie daß es gleichgültig ist, ob man mit radial oder tangential gerichtetem Spalte beobachtet. Angesichts des interessanten Resultats schien es ihm von Wichtigkeit, zu untersuchen, ob andere Linien des Sonnenspektrums dasselbe Verhalten zeigen. Für drei solare Linien innerhalb der α-Gruppe fand er Unterschiede von annähernd denselben Beträgen. Aus den wenigen Beobachtungen, die er wegen anhaltend schlechten Wetters bis jetzt hat anstellen können, läßt sich nicht mit Sicherheit schließen, ob die geringen

Schwankungen in den gemessenen Beträgen reell sind. Er bemerkt noch, daß alle diese Linien, ebenso wie die beiden Eisenlinien seiner Untersuchung, in Sonnenflecken stark verbreitert erscheinen und daher wahrscheinlich einem niedrigen Niveau der Sonnenatmosphäre angehören.

In einem auffallenden Gegensatze zu diesen Resultaten steht das Verhalten der Linie $\lambda = 6516.31$, die nach den Untersuchungen von Prof. Fowler in einem relativ hohen Niveau der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung hat, was sowohl aus ihrem abweichenden Verhalten in den Sonnenflecken, als auch aus ihrer häufigen Anwesenheit in der Chromosphäre gefolgert wird. Nach den Messungen von Dr. Halm ist hier die Verschiebung nach Rot am Rande viel geringer als bei den vorigen Linien.

Sie beträgt im Mittel nur +0.002 A. E. Weitere Messungen, die Dr. Halm ausführte, ergaben, daß die Verschiebung der beiden Eisenlinien durchaus nicht auf die unmittelbare Umgebung des Sonnenrandes beschränkt ist, sondern bereits in Punkten, die $^1/_4$ Sonnenradius vom Rande abstehen, recht merklich erscheint.

Über die mögliche Ursache dieser von der Mitte gegen den Sonnenrand hin zunehmenden Verschiebung der Linien nach Rot, bemerkt Dr. Halm, es liege auf den ersten Blick nahe, die Verschiebung durch Bewegungen der Gase der Sonnenatmosphäre erklären zu wollen. „Die Annahme, daß die Sonnenmaterie in fortwährender radial gerichteter Strömung von und nach dem Sonnenzentrum begriffen sei,“ sagt er, „wird wohl noch immer von vielen Astronomen für wahrscheinlich gehalten. Auf dieser Annahme fußend, könnte man nun versucht sein, die erwähnte Verschiebung dadurch zu erklären, daß die absorbierenden Gase in den auswärts gerichteten, d. h. vom Sonneninnern aufsteigenden Strömungen enthalten seien. In diesem Falle würde die Absorptionslinie in der Mitte der Sonnenscheibe nach dem Violett zu verschoben sein, am Rande dagegen sich in normaler Lage befinden. Es würde somit, den Beobachtungen entsprechend, eine scheinbare Verschiebung der Randlinien nach Rot hin wahrnehmbar sein.

Bei näherer Betrachtung scheint die Hypothese jedoch ganz unhaltbar. Zunächst ist die notwendig erforderliche Annahme, daß das emittierende Gas im aufsteigenden Strome kühler sei als im absteigenden — denn nur so würde sich eine Verschiebung der Absorptionslinien nach der gewünschten Seite erklären lassen — physikalisch schwer zu verteidigen. Aber selbst wenn wir uns über diese Schwierigkeit wegsetzen, bleibt die Hypothese zur Erklärung aller beobachteten Erscheinungen doch noch unzureichend. Denn wollte man annehmen, daß die Veränderlichkeit von zeitlichen Schwankungen in der Geschwindigkeit der radialen Strömungen herrühre, so könnten doch davon die Linien am Sonnenrande nicht betroffen werden, da dort der Einfluß derartiger Strömungen auf

die Lage der Spektrallinien gänzlich verschwindet. Die Annahme tangentialer, d. h. längs der Sonnenoberfläche verlaufender Strömungen muß von vornherein verworfen werden, da vorauszusetzen wäre, daß in jedem Augenblicke und für jeden Punkt der Sonnenscheibe die Bewegung längs der Sonnenoberfläche nach dem Rande zu gerichtet sein müßte. Aus dieser Überlegung ergibt sich also, daß weder radiale, noch tangentiale Bewegungen der Sonnenatmosphäre zur Erklärung der beobachteten Linienverschiebungen ausreichen, und demnach wohl allgemein von einem Versuch, letztere aus dem Dopplerschen Prinzip zu erklären, Abstand genommen werden muß." „Damit," fährt Dr. Halm fort, „sind wir auf den einzigen noch möglichen Erklärungsversuch beschränkt, den unsere jetzige Kenntnis des Verhaltens der Spektrallinien zuläßt, nämlich die beobachteten Linienverschiebungen dem Drucke zuzuschreiben, unter welchem die emittierenden Gase der Sonnenatmosphäre sich befinden. Der Nachweis eines Einflusses des Druckes auf die Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien ist schon vor längerer Zeit Herrn Jewell gelungen, der aus den Rowlandschen Aufnahmen zeigte, daß die Wellenlängen des Sonnenspektrums durchschnittlich um etwa $^2/_{100}$ A. E. nach dem Rot zu von den normalen Wellenlängen abwichen. Es scheint jedoch bis jetzt nicht aufgefallen zu sein, daß der Betrag dieser Verschiebung am Rande größer sein muß als in der Mitte. Der Unterschied zwischen Rand und Mitte rührt daher, daß am Rande die tiefer gelegenen und daher unter höherem Druck stehenden Schichten einen verhältnismäßig größern Beitrag zur Erscheinung der Absorptionslinie liefern, und daher der Schwerpunkt der letztern mehr nach dem Rot verschoben sein muß, als in der Mitte der Sonnenscheibe."

Dr. Halm zeigt dies durch eine geometrische Betrachtung, und diese Überlegung gibt auch darüber Aufschluß, warum die Linien, die einem niedrigen Niveau angehören, eine stärkere Verschiebung zeigen müssen, als die in einem höhern Niveau ihren Ursprung nehnehmenden Linien, eine Tatsache, die aus den angeführten Beobachtungen so deutlich hervorgeht. „Ferner," sagt er, „sieht man ein, daß etwaige zeitliche Änderungen des Druckes der Sonnenatmosphäre sich besonders in den Linienverschiebungen des Randes anzeigen müssen, so daß also die merkwürdigen Veränderungen der Lage der Sonnenlinien, qualitativ wenigstens physikalisch deutbar werden. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, würden demnach die Beobachtungen dahin auszulegen sein, daß von 1901 bis 1906, d. h. von einem Sonnenfleckminimum zu einem Maximum, der Druck innerhalb der Sonnenatmosphäre stetig größer geworden sei. Dieses Resultat mag auf den ersten Blick befremdlich erscheinen. Bei näherer Betrachtung muß man aber doch wohl zugeben, daß derartige Änderungen in der Sonne zum mindesten möglich sind. Erwägt man, daß die Sonne ein wesentlich gasförmiger Körper ist,

und daß nach Ansicht der Majorität der Astrophysiker die sogenannte Photosphäre diejenige Schicht darstellt, innerhalb welcher sich einige der Gase zu Flüssigkeiten kondensieren, so kann man sich sehr wohl die Frage vorlegen, ob das Niveau, in welchem diese Kondensation stattfindet, zu allen Zeiten unverändert dasselbe ist, oder ob nicht etwa infolge von periodischen Schwankungen in den Temperaturverhältnissen des Sonnenkörpers, dieses Niveau der Photosphäre kleinen Veränderungen unterworfen ist. In letzterem Falle würde die Masse der über dieser Photosphäre lagernden absorbierenden Atmosphäre und damit der Druck auf die ersterer benachbarten Schichten ebenfalls veränderlich sein. Gegen diesen Erklärungsversuch scheint freilich die Tatsache zu sprechen, daß die sorgfältigen heliometrischen Messungen von Schur und Ambronn keine sicher nachweisbare Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers ergeben haben. Man darf aber anderseits nicht vergessen, daß diese Messungen nicht innerhalb 0.1″ verbürgt sind, so daß wir also noch nicht imstande sind, Niveauschwankungen von etwa 70 bis 80 *km* heliometrisch nachzuweisen. Auf der Sonne mögen aber sehr wohl bereits derartigen Schwankungen merkliche Druckunterschiede entsprechen.

Ich bin natürlich weit davon entfernt, jetzt schon die hier vorgetragene Druckhypothese als begründet zu erachten. Dazu bedarf es weit eingehenderer Untersuchungen, als ich bis jetzt habe unternehmen können. So viel dürfte aber aus den mitgeteilten Resultaten und den daran angeschlossenen Vermutungen hervorgehen, daß es sich hier um wichtige Fragen handelt, die eventuell für die Sonnenphysik von großer Bedeutung werden können. Denn falls durch fortgesetzte Untersuchungen der Beweis erbracht wird, daß es sich hier wirklich um Druckänderungen innerhalb der die Photosphäre umgebenden absorbierenden Schichten handelt, so ist damit zugleich dargetan, daß die Dichtigkeit dieser Hülle und somit ihr Absorptionsvermögen Schwankungen unterworfen ist. Es ist also damit die Aussicht eröffnet, auf eine der bedeutendsten Fragen der Sonnenphysik, deren Lösung die Aktinometrie bis jetzt nur mit geringem Erfolge angestrebt hat, eine entscheidende Antwort zu geben, nämlich auf die Frage, ob die Intensität der uns von der Sonne zugesandten strahlenden Energie konstant oder periodisch veränderlich ist.“

Die Sonnenfinsternis am 30. August 1905 wurde auch durch eine Expedition der Göttinger Sternwarte beobachtet. Dieselbe stationierte in Gelma (Algerien) und stand unter Leitung von Prof. Schwarzschild. Letzterer hat jetzt über die Ergebnisse berichtet.[1])

---

[1]) Astron. Mitt. d. K. Sternwarte zu Göttingen, 13. Teil. Göttingen 1906.

Was die photographische Helligkeit der Korona anbelangt, so fand sich, wenn die Helligkeit des Vollmondes zur Einheit genommen wird, die Helligkeit der eigentlichen Korona photographisch zu 0.17, des diffusen Lichtes eines Kreises von 5° Durchmesser um die verfinsterte Sonne zu 0.13 zusammen 0.3.

Aus der Stärke der diffusen Beleuchtung des Himmels schließt Prof. Schwarzschild, daß dieselbe hauptsächlich von der Erleuchtung der Luft durch direkte Sonnenstrahlung an den Grenzen des Totalitätskreises und nur zu einem ganz geringen Bruchteile von Diffusion des Koronalichtes herrührt. Denn das diffuse Himmelslicht aus einem Kreise von 5° Durchmesser um die Sonne mache unter gewöhnlichen Umständen bei durchsichtiger Luft weniger als $^1/_{10}$ der direkten Sonnenstrahlung aus. Da die Annahme einer besondern Trübung der Atmosphäre während der Finsternis durch den Augenschein widerlegt werde, so dürfe man also auch nur weniger als ein Zehntel der obigen Zahlen für das diffuse Himmelslicht, auf Rechnung der Korona setzen.

Bezüglich der Spektralphotometrie der Korona bemerkt Prof. Schwarzschild: „Im Wellenlängengebiete λ 350 bis 500 stimmt die Intensitätsverteilung im Koronaspektrum mit der im Sonnenspektrum nahe überein. Betrachtet man die Unterschiede näher, und sieht man ab von der ersten wegen geringer Schwärzung dieser Wellenlängen unsichern Zahl, so erscheint die Korona im Ultraviolett schwächer als die Sonne, das Intensitätsmaximum in der Korona gegen das der Sonne nach längern Wellenlängen zu verlegt. Das erstere allgemeinere Resultat ist offenbar und stimmt mit der Angabe der Herren Knopf und Fabry, daß bei ihren photometrischen Vergleichungen die Korona sehr genau die Farbe des Mondes d. i. der Sonne gehabt habe. Die Realität des zweiten feinern Ergebnisses möchte ich als in sich noch nicht fest begründet ansehen.“

Zur Theorie der Sonnenkorona äußert sich Prof. Schwarzschild u. a. wie folgt: „Unter den theoretischen Anschauungen, mit denen man diese Resultate vergleichen kann, steht als das eine Extrem die Annahme, daß man es in der innern Korona wesentlich mit selbstleuchtenden Teilchen zu tun hat, die sich im Strahlungsgleichgewichte befinden. Nach den Rechnungen von Arrhenius[1]) erhält man für ein Teilchen 0.7′ über der Photosphäre eine Temperatur von 4620°.

Das andere Extrem bildet die Annahme, daß die Korona nur im reflektierten Lichte leuchtet und aus sehr kleinen Teilchen besteht, welche nach Rayleigh eine mit dem Blau unseres Himmels sehr nahe übereinstimmende Farbe geben. Mit dieser Annahme sind unsere Zahlen nicht verträglich. Sie widerspricht dem Augenscheine und den erwähnten Beobachtungen der Herren Fabry und Knopf. Sie wird

---

[1]) Astrophys. Journal **20**. p. 224.

ferner widerlegt durch die Aufnahmen mit Gelbscheibe, wie sie Dr. Emden ausgeführt hat. Dieselben zeigen, daß die Gelbscheibe das diffuse Himmelslicht viel stärker herabsetzt, als die Koronastrahlung, daß die Korona viel gelber ist, als das Himmelslicht. Natürlich — könnte man hier einwerfen — denn das von der Luft diffundierte Licht ist immer blauer als das Licht der Lichtquelle; ist die Korona blau, so muß der Himmel während der Totalität eben noch tiefer blau gefärbt sein. Nach den Messungen stammt aber die allgemeine Erleuchtung des Himmels während der Finsternis nur zum geringsten Teile von der Korona selbst, sie kommt im wesentlichen von der direkten Erleuchtung der Erdatmosphäre außerhalb des Totalitätskreises und muß daher das gewöhnliche Himmelsblau zeigen, so daß unser Schluß nicht beeinträchtigt wird. Es stimmt daher alles dahin zusammen, daß die Korona nicht das Rayleighsche Blau zeigt."

Prof. Schwarzschild kommt nach Prüfung verschiedener Annahmen zu der Hypothese von stark polarisierenden Molekülen oder Ionen, welche ultrarote Eigenschwingungen haben, oder welche auch in irgend einer andern kompliziertern Weise so gebaut sind, daß sie alle Farben ziemlich gleich stark diffundieren. Daß es solche Molekülen gibt, beweisen die ultramikroskopischen Teilchen in kolloidalen Lösungen, deren Größe weit unter den Wellenlängen liegt, die polarisieren, wie Rayleighs Teilchen, die aber trotzdem ein kontinuierliches Spektrum geben, in welchem häufig Rot und Gelb überwiegt. Das Fehlen der Fraunhoferschen Linien sei auf große Geschwindigkeiten der Teilchen der Korona und entsprechende Dopplersche Verschiebungen zurückzuführen. Unter den bewegenden Kräften komme auch bei Molekülen der Lichtdruck in Frage, wofern sie nur Eigenschwingungen haben.

Der letzte Rest der feinen Sonnensichel, welche hinter dem Monde hervorsieht, löst sich in eine Reihe von kleinen Punkten oder Tropfen auf, die dann rasch nacheinander verschwinden. Die Ursache dieser Erscheinung ist natürlich die Unebenheit der Mondoberfläche. Die Berge unterbrechen zuerst die Sonnensichel, während durch die Täler der Rand der Photosphäre noch länger hindurchblickt. In dem von einer Prismenkamera entworfenen Bilde wird analog jeder Mondberg durch eine streifenförmige Unterbrechung des Spektrums, jedes Tal durch einen Streifen stärkern kontinuierlichen Photosphärenlichtes bezeichnet.

Die Helligkeit der Streifen im Spektrum wird also einerseits abhängen von der Form des Mondprofiles, sie wird aber auch abhängen von der Helligkeit der hinter dem Monde hervorsehenden Randpartie der Sonnenphotosphäre. Eine photometrische Bearbeitung solcher Aufnahmen wird daher sowohl eine Bestimmung des Mondprofiles, als eine solche der Helligkeit des Sonnenrandes — und zwar letztere für jede einzelne Spektralfarbe — liefern können.

Prof. Schwarzschild beschäftigt sich eingehend mit dieser Untersuchung und gibt eine Zeichnung des Mondprofiles gemäß derselben, geht dann über zur Spektralphotometrie des Sonnenrandes und zur Helligkeitsermittlung der Protuberanzen, endlich wird noch das Spektrum der Chromosphäre besprochen und nachgewiesen, daß das Atomgewicht als solches nicht für das Auftreten eines Elementes in der höhern Chromosphäre maßgebend ist. Ebenso, daß irgend ein anderer innerer Zusammenhang zwischen den vorkommenden Elementen besteht, und nicht etwa ein rein zufälliger größerer Reichtum der Sonne an einem bestimmten Elemente seine Erstreckung und sein Leuchten bis in größere Höhen verursacht.

Das Zodiakallicht.

Das Zodiakallicht. Prof. v. Seeliger hat auf der Astronomenversammlung zu Jena Mitteilungen über eine von ihm angestellte Untersuchung über die mögliche Beziehung des Zodiakallichtes zu der Bewegung der innern Planeten gemacht. Vor vielen Jahren hat Leverrier die Entdeckung gemacht, daß die Bewegung des Planeten Merkur nicht in aller Strenge durch das Newtonsche Gravitationsgesetz dargestellt ist, indem die wahre Bewegung des Perihels der Merkurbahn, gemäß den Beobachtungen, den aus der Theorie berechneten Wert um 40″ im Jahrhundert übersteigt. Leverrier zeigte dann, daß Theorie und Wirklichkeit in Übereinstimmung gebracht werden können unter der Annahme eines innerhalb der Merkurbahn vorhandenen größern Planeten oder auch einer Gruppe sehr kleiner Planeten. Die Annahme eines einigermaßen größern Planeten ist nun aber unstatthaft, denn dieser hätte sich den zahlreichen darauf gerichteten Nachforschungen, besonders bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse, nicht entziehen können, sonach blieb nur die Möglichkeit einer sehr großen Zahl sehr kleiner Planeten, die sich innerhalb der Merkurbahn bewegen. Anderseits hat es freilich auch nicht an Stimmen gefehlt, welche darauf hinwiesen, daß das Newtonsche Gravitationsgesetz, wonach die Anziehung sich im Verhältnis des Quadrates der Entfernung ändert, vielleicht nicht der völlig scharfe Ausdruck der Wirklichkeit, sondern nur die Änderung der Intensität der Anziehung sich um ein Minimum von dem quadratischen Verhältnis entferne. Eine solche Hypothese ist aber an und für sich so unphilosophisch, daß sie ernstlich nicht weiter verfolgt werden sollte, und sonach bleibt nichts anderes übrig als die Annahme sehr kleiner, störender Körper, wenn man nicht voraussetzen will, daß in den Rechnungen Leverriers ein Irrtum mit untergelaufen sei. Die Nachrechnungen verschiedener anderer Astronomen haben aber die Richtigkeit der Leverrierschen Rechnung erwiesen, besonders aber hat Prof. Newcomb den Gegenstand er-

schöpfend untersucht und in seinem 1895 erschienenen Werke über die Bahnelemente der vier innern Planeten, die säkularen Veränderungen derselben gemäß den sämtlichen vorhandenen Beobachtungen neu berechnet und mit den aus der Gravitationstheorie folgenden Werten derselben verglichen. Es fand sich, daß die Bewegung des Merkurperihels in der Tat eine durch die Theorie nicht zu begründende Korrektion erfordert, wenn Theorie und Beobachtung miteinander übereinstimmen sollen. Ferner ergab sich aber auch, daß die Bewegungen der Knoten der Venusbahn und des Marsperihels sehr wahrscheinlich auch um allerdings geringe Beträge von der theoretisch geforderten Bewegung abweichen. Diese Anomalien erfordern gebieterisch eine Erklärung, aber die oben angegebene Andeutung ist unzulässig. Inzwischen hat sich Professor v. Seeliger mit dem wichtigen Problem beschäftigt und auf der jüngsten Astronomenversammlung zu Jena die Ergebnisse seiner Untersuchungen mitgeteilt. Er bemerkte in seinem Vortrage u. a. folgendes:

„Es ist wohl gänzlich ausgeschlossen, daß man durch irgendwelche physikalischen Betrachtungen zu einer Abänderung des Newtonschen Gesetzes von dieser Form gelangen wird. Auch glaube ich, logische Bedenken gegen die universelle und genaue Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes vorgebracht zu haben, die sich nicht widerlegen lassen, und die durch eine Korrektur von der angegebenen Form — und diese ist für die Erklärung der Bewegung des Merkurperihels wesentlich — nicht behoben werden. Im übrigen hat schon Newton solche Anziehungsgesetze behandelt und die daraus hervorgehenden Perihelbewegungen konstatiert. Da alle andern Bahnelemente unverändert bleiben, so würde also ein solches Kraftgesetz die andern von Newcomb gefundenen empirischen Glieder nicht einmal formell erklären. Hält man aber diese für reell, so muß man sich demnach, auch abgesehen von anderm, nach andern Ursachen umsehen.

Nun weiß man, daß tatsächlich der innere Raum des Planetensystems bis mindestens zur Erdbahn von Massen erfüllt ist, welche die Erscheinungen des Zodiakallichtes hervorrufen. Ebenso ist nicht daran zu zweifeln, daß diese Massen eine anziehende Wirkung auf die innern Planeten ausüben müssen, und es können nicht über ihr Vorhandensein, sondern nur über die Größe und Art dieser störenden Wirkung verschiedene Meinungen herrschen. Es liegt deshalb nahe, die besprochene Einwirkung näher zu untersuchen. Kommt man auf diesem Wege zu einer zahlenmäßigen Darstellung der Newcombschen Anomalien, ohne unzulässige Dichtigkeitsverhältnisse zu Hilfe nehmen zu müssen, so wird für ihre Erklärung eine viel festere Basis gewonnen sein, als die Annahme von Planetenringen und dergleichen haben kann. Denn man geht hier von tatsächlich vorhandenen Verhältnissen aus und nicht von Hypothesen, deren Berechtigung zum mindesten nicht beurteilt werden kann. In der Tat gelingt,

wie im folgenden gezeigt werden wird, die Erklärung der empirischen Glieder in diesem Sinne vollständig.

Vor 13 Jahren habe ich Rechnungen ausgeführt, welche meine Ansicht, daß der Einfluß der Massen des Zodiakallichtes bei der Bewegung der innern Planeten berücksichtigt werden muß, bestätigten. Damals lagen aber die Newcombschen Zahlen noch nicht vor, und eine überzeugende Prüfung der gefundenen Resultate war nicht möglich. Durch Arbeiten in andern Gebieten abgehalten, kam ich erst neulich, bei Gelegenheit der Ausarbeitung meines Aufsatzes über „die sogenannte absolute Bewegung", auf den Gegenstand zurück.

Über die Dichtigkeitsverteilung der Massen im Zodiakallichte lassen sich zurzeit zahlenmäßig bestimmte Angaben nicht machen. Nur das scheint einigermaßen festzustehen, daß die die Sonne umhüllende Staubwolke die Erdbahn noch umschließt und in einem Raume, der die Gestalt einer plattgedrückten Kreisscheibe hat, eine wahrnehmbare Dichtigkeit besitzt. Im übrigen muß diese mit zunehmender Entfernung von der Sonne stark abnehmen. Früher nahm man an, daß die Achse des Zodiakallichtes und somit die Ebene der Kreisscheibe mit der Ekliptik zusammenfällt Das ist durch neuere Beobachtungen zweifelhaft geworden, indem Marchand und Wolf aus ihren Wahrnehmungen den Schluß zogen, daß die Rotationsachse der Scheibe eher mit der Rotationsachse der Sonne zusammenfällt. Die Dichtigkeitsverteilung der das Zodiakallicht erzeugenden Massen läßt sich aus der Helligkeitsverteilung in diesem Gebilde nur mit einiger Reserve ableiten. Für Gegenden ganz in der Nähe der Sonne versagen aber die Beobachtungen fast vollständig, und gerade die hier herrschende Dichtigkeitsverteilung ist wesentlich für die Abschätzung der Einwirkung auf die Bewegung der Planeten. Wie die Flächen gleicher Dichtigkeit verlaufen, wird sich selbst aus viel genauern Beobachtungen, als bis jetzt vorliegen, schon deshalb nicht mit Sicherheit ableiten lassen, weil die Helligkeitsverteilung im Zodiakallichte nicht nur von der Massenverteilung, sondern auch von der Größe der einzelnen Massenteilchen abhängt, und diese letztere sehr wohl Funktion des Ortes sein kann. Für die nahe bei der Sonne gelegenen Teile wird also wohl kaum mehr mit Sicherheit auszusagen möglich sein, als daß die Flächen gleicher Dichtigkeit voraussichtlich ziemlich plattgedrückten Kreisscheiben gleichen, deren Ebenen nicht stark gegen den Sonnenäquator geneigt sind. Keineswegs brauchen sie aber alle etwa gleiche Neigung zu haben. Für die von der Sonne entferntern Teile des Zodiakallichtes ließen sich vielleicht etwas weniger unsichere Angaben machen. Diese sind aber für das Folgende so gut wie völlig belanglos. Was die Bewegungen der einzelnen Teilchen der Staubwolke betrifft, so lassen sich nähere Angaben nicht machen, da die Sache bisher nicht untersucht worden ist. Bei dieser Sachlage wird man sich damit begnügen

müssen, solche Annahmen über die Dichtigkeitsverteilung zu machen, die den erwähnten Ansichten nicht zuwiderlaufen und sich rechnerisch verhältnismäßig leicht verfolgen lassen. Eine solche allgemeine Annahme besteht darin, daß man die Massen des Zodiakallichtes darstellt durch eine Anzahl übereinander gelagerter homogener Rotationsellipsoide, mit gemeinschaftlichem Mittelpunkte im Sonnenzentrum."

Prof. v. Seeliger zeigt nun, wie sich unter plausibeln Annahmen die Einwirkung dieser Ellipsoide auf die Bewegung der Planeten berechnen läßt, und die Gesamtmasse des Zodiakallichtes sich zu etwa der Hälfte der Merkurmasse bestimmt. Seine Berechnung der hierdurch entstehenden Überschüsse der Bewegung in der Perihellänge, Bahnneigung und Länge der Knoten für die Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars stimmt geradezu vollkommen mit den lediglich aus den Beobachtungen hierfür abgeleiteten Werten überein, so daß an einen Zufall nicht zu denken ist. Mit Recht schließt Prof. v. Seeliger, aus seinen Untersuchungen gehe hervor, „daß die Materie des Zodiakallichtes sehr wohl als die Ursache der Bewegungsanomalien der vier innern Planeten angesehen werden kann, denn die zahlenmäßigen Folgen hieraus scheinen nach keiner Richtung auf unzulässige oder auch nur auffallende Verhältnisse hinzudeuten."

Planeten und Trabanten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1906. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind folgende kleinere Planeten seit dem letzten Berichte neu entdeckt eingereiht worden:

Bezeichnung		Entdeckung					
570	QX	1905	Juli	30	von	M. Wolf	Heidelberg
571	QZ		Sept.	4	„	P. Götz	
572	RB		„	19	„	„	
573	RC		„	19	„	M. Wolf	
574	RD		„	19	„	„	
575	RE		„	19	„	„	
576	RF		„	20	„	P. Götz	
577	RH		Okt.	20	„	M. Wolf	
578	RZ		Nov.	1	„	„	
579	SD		„	3	„	A. Kopff	
580	SE		Dez.	17	„	M. Wolf	
581	Tauntonia		„	24	„	J. H. Metcalf	Taunton, Mass.
582	SO	1906	Jan.	23	„	A. Kopff	Heidelberg
583	SP	1905	Dez.	31	„	J. Palisa	Wien
584	SY	1906	Jan.	15	„	A. Kopff	Heidelberg
585	TA		Febr.	16	„	„	
586	TC		„	21	„	M. Wolf	
587	TF		„	22	„	„	
588	TG		„	22	„	„	

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1907. p. 86.

Bezeichnung		Entdeckung				
589	TM	März	3	„	A. Kopff	Heidelberg
590	TO	„	4	„	M. Wolf	
591	TP	„	14	„	A. Kopff	
592	TS	„	18	„	M. Wolf	
593	TT	„	20	„	A. Kopff	
594	TW	„	27	„	M. Wolf	
595	TZ	„	27	„	A. Kopff	
596	UA	Febr.	21	„	„	
597	UB	April	16	„	M. Wolf	
598	UC	„	13	„	„	
599	UJ	„	25	„	J. H. Metcalf	Taunton, Mass.
600	UM	Juni	14	„	„	„ „
601	UN	„	21	„	M. Wolf	Heidelberg

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	Ω		i		φ		a	Berechner
(570)	229°	40.0′	1°	41.2′	6°	28.1′	3.43	Berberich
(571)	3	19.9	5	7.2	13	48.9	2.37	„
(572)	194	47.6	9	23.5	10	0.5	2.31	„
(573)	343	50.4	9	52.1	6	22.1	3.01	„
(574)	338	16.0	6	10.8	11	46.4	2.25	„
(575)	349	34.9	14	54.2	6	58.4	2.56	„
(576)	300	8.3	10	12.0	10	59.5	3.03	„
(577)	331	12.0	5	16.4	8	17.3	3.12	P. V. Neugebauer
(578)	30	31.4	6	11.7	11	9.1	2.76	Kreutz
(579)	83	17.7	11	2.1	4	36.0	3.02	P. V. Neugebauer
(580)	99	37.2	3	40.6	7	38.9	3.20	„
(581)	103	4.8	21	55.7	2	30.9	3.21	Morgan
(582)	155	35.7	29	57.3	13	4.0	2.62	Berberich
(583)	261	23.4	8	17.3	8	31.2	3.17	Osten
(584)	282	40.9	10	50.2	14	24.6	2.39	P. V. Neugebauer
(585)	180	10.7	7	30.9	7	29.3	2.43	„
(586)	230	57.1	1	35.6	4	27.1	3.02	„
(587)	324	10.3	25	1.5	9	29.7	2.33	Berberich
(588)	315	34.1	10	20.9	9	38.7	5.25	„
(589)	178	40.7	10	47.3	2	54.9	3.13	P. V. Neugebauer
(590)	106	43.9	11	9.7	3	53.7	3.00	Berberich
(591)	334	48.1	12	33.8	12	1.7	2.68	„
(592)	169	12.1	10	6.6	7	1.2	3.02	P. V. Neugebauer
(593)	76	14.8	17	0.3	12	17.2	2.70	Berberich
(594)	155	20.5	32	45.8	20	27.2	2.63	„
(595)	24	58.1	18	29.4	4	35.6	3.21	P. V. Neugebauer
(596)	71	4.6	14	38.2	9	26.2	2.93	Berberich
(597)	36	13.4	10	17.2	10	28.7	2.69	„
(598)	92	26.1	12	10.2	14	5.8	2.77	„
(599)	45	32.2	16	23.2	17	28.4	2.78	Hammond und
(600)	139	34.9	10	11.3	3	8.2	2.66	Frederickson
(601)	170	32.5	16	2.6	6	1.3	3.12	Palisa

Unter diesen Elementen fallen zunächst diejenigen des Planeten (594) durch den hohen Wert der Neigung und daneben die große Exzentrizität auf; beide werden nur durch die entsprechenden Werte von je zwei der ältern Planeten übertroffen. Dennoch erreicht der Planet (594) keine sehr hohen Deklinationen, weil der Ω zu nahe

an 180° liegt; auch dem Jupiter kommt er wegen seiner großen Neigung nicht besonders nahe, dagegen kann er sich der Erde bis auf 1.00 Abstand nähern.

Ein hervorragendes Interesse nimmt die Bahn des Planeten (588) in Anspruch wegen ihrer großen Halbachse. Ein Vergleich mit der Bahn des Jupiter zeigt, daß die mittlere Entfernung beider Planeten von der Sonne nahezu die gleiche, bei (588) nur um 0.045 astronomische Einheiten größer als beim Jupiter ist; der Unterschied der Umlaufszeiten beider Planeten beträgt daher nach den gegenwärtigen Bahnverhältnissen auch nur 58 Tage. Die Bahn des Planeten (588) hat eine größere Exzentrizität als die Jupiterbahn und liegt daher zum Teil außerhalb, zum Teil innerhalb dieser. Dem größten und kleinsten Sonnenabstande des Jupiter von 5.454 und 4.952 entsprechen beim Planeten (588) die Werte 6.127 und 4.369. Die gegenseitige Neigung beider Bahnen beträgt 9° 19.7′ und der Winkel zwischen den beiden Apsidenlinien 73° 40.7′. Hieraus ergeben sich für die Abstände beider Planetenbahnen voneinander folgende Werte:

wenn Planet	(588)	im	Perihel	steht	1.07
„	„ (588)	„	Aphel	„	1.15
„	Jupiter	„	Perihel	„	0.63
„	„	„	Aphel	„	0.70
und als kleinster Abstand etwa					0.35.

Über die übrigen Planeten ist noch folgendes zu bemerken:

Der Erde verhältnismäßig nahe kommen können die Planeten

(571)	mit $\varDelta$ =	0.81	zur Oppositionszeit	Okt.	20
(572)	„	0.92	„ „	Okt.	27
(574)	„	0.81	„ „	Nov.	8
(584)	„	0.83	„ „	Sept.	29
(587)	„	0.96	„ „	Febr.	19
(594)	„	1.00	„ „	Mai	22
(599)	„	1.01	„ „	Aug.	28.

Eine größere Annäherung an Jupiter können erreichen die Planeten

(570)	mit $\varDelta_0$ =	1.33	J = 1.3°
(576)	„	1.84	9.0
(577)	„	1.78	4.6
(580)	„	1.77	5.0
(583)	„	1.49	7.1,

wo $\varDelta_0$ die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann, und J die Neigung der Bahnebene des Planeten gegen diejenige des Jupiter.

Hohe Deklinationen in der Opposition können erreichen die Planeten

(575)	mit δ =	+ 46.5°	zur Oppositionszeit	Dez.	18
		— 48.7		Juni	17
(587)	„	+ 63.2	„ „	Dez.	3
		— 62.0		Juni	1

(593) mit δ =	+ 41.5°	zur Oppositionszeit		Jan.	21
	— 37.1			Juli	23
(595) „	+ 47.8	„	„	Jan.	2
	— 49.9			Juli	3
(596) „	+ 37.4	„	„	Jan.	17
	— 35.9			Juli	18
(599) „	+ 44.1	„	„	Jan.	9
	— 40.7			Juli	10

Annähernde Ähnlichkeiten der Hauptbahnelemente zeigen sich bei den Planeten

	☊	i	φ	a
(570)	☊ = 229.7°	i = 1.7°	φ = 6.5°	a = 3.43
(586)	231.0	1.6	4.5	3.02
(573)	☊ = 343.8	i = 9.9	φ = 6.4	a = 3.01
(325)	345.4	8.6	9.1	3.21
(574)	☊ = 338.3	i = 6.2	φ = 11.8	a = 2.25
(63)	338.1	5.8	7.3	2.40
(576)	☊ = 300.1	i = 10.2	φ = 11.0	a = 3.03
(408)	299.6	9.1	7.9	3.17
(580)	☊ = 99.6	i = 3.7	φ = 7.6	a = 3.20
(171)	101.0	2.6	6.6	3.14
(589)	☊ = 178.7	i = 10.8	φ = 2.9	a = 3.13
(490)	179.3	9.2	5.1	3.17
(591)	☊ = 334.8	i = 12.6	φ = 12.0	a = 2.68
(143)	333.9	11.5	4.1	2.76
(598)	☊ = 92.4	i = 12.2	φ = 14.1	a = 2.77
(521)	90.5	10.5	16.3	2.74
(404)	92.8	14.1	11.7	2.60

Mit Namen versehen sind nachträglich die in frühern Berichten noch nicht benannten Planeten:

(400) Ducrosa
(406) Erna
(459) Signe
(461) Saskia
(463) Lola
(464) Megaira
(465) Alekto
(466) Tisiphone
(467) Laura
(468) Lina
(469) Argentina
(471) Papagena
(473) Nolli
(474) Prudentia
(479) Caprera
(481) Emita
(490) Veritas
(492) Gismonda
(495) Eulalia
(500) Selinur
(501) Urhixidur
(502) Sigune
(513) Centesima
(514) Armida
(515) Athalia
(524) Fidelio
(525) Adelaide
(526) Jena
(527) Euryanthe
(528) Rezia
(529) Preciosa
(530) Turandot
(531) Zerlina
(536) Merapi
(539) Pamina
(540) Rosamunde
(541) Deborah
(543) Charlotte
(546) Herodias
(549) Jessonda
(550) Senta
(551) Ortrud
(552) Sigelinde
(553) Kundry
(555) Norma
(557) Violetta
(558) Carmen
(559) Nanon
(560) Delila
(561) Ingwelde
(562) Salome
(563) Suleika
(564) Dudu
(567) Eleutheria.

Von den 28 Planeten (546)—(549), (551)—(568), (570), (573) und (575)—(578), welche seit dem letzten Berichte Lehmanns zum

ersten Male nach der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (554) und (578) in der zweiten Erscheinung beobachtet.

Neue Planeten der Jupitergruppe der Asteroiden. Außer dem Planetoiden 1906 TG sind noch zwei andere Glieder dieser Gruppe aufgefunden worden. Zunächst gehört hierzu, wie Dr. E. Strömgren gezeigt hat,[1]) der von Kopff in Heidelberg am 10. Februar d. J. entdeckte Planet 1907 X M. Schon die erste vorläufige Berechnung der Bahn aus drei Beobachtungen zwischen Februar 10 und März 21 zeigte, daß die mittlere Bewegung dieses kleinen Planeten von der mittlern Bewegung des Jupiter nicht sehr abweichen könne. Die genauere Berechnung, welche E. Strömgren ausgeführt hat, ergab für die mittlere tägliche Bewegung 292.584″, während die des Jupiter 299.128″ beträgt. Die halbe große Achse der Bahn des kleinen Planeten ist, wenn die halbe große Achse der Erdbahn = 1 gesetzt wird, = 5.2784, die der Jupiterbahn = 5.2028. Die Exzentrizität der Bahn des Planetoiden beträgt 0.037 34, die der Jupiterbahn 0.048 25. Die Bahnneigung ist ziemlich groß, sie beträgt 18° 7′ 17″, während die Jupiterbahn nur 1° 18′ 41″ gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist. „Die Entdeckung der zwei interessanten neuen Planeten 1906 T G und 1907 X M,“ sagt Dr. Strömgren, „führt auch die Gedanken auf eine andere Frage, die ein großes Interesse beanspruchen darf. Haben wir hier nur mit einer abgeschlossenen Gruppe von Himmelskörpern zu tun, die durch Jupiter für lange Zeiten in der Nähe der Jupiterbahn festgehalten werden, oder sind diese Neuentdeckungen als Vorboten zu einer Erweiterung des Systems der kleinen Planeten über die Jupiterregion hinaus aufzufassen? A priori ist ja diese letztere Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen; das Suchen mit den zur Verfügung stehenden großen Fernrohren wird wohl in nicht allzu ferner Zukunft die Antwort geben.“

Der Planet 1906 VY (Patroclus) hat[2]) gemäß der Bahnberechnung von Vladimir Heinrich in Pribram eine mittlere tägliche Bewegung von 300.145″, während die des Jupiter 299.128″ beträgt, folglich ist jener kleine Planet etwas weniger weit von der Sonne entfernt als Jupiter, und seine Umlaufszeit beträgt 11.82 Jahre.

Aus den Beobachtungen 1906 Oktober 21 bis Dezember 7 hat V. Heinrich für die Opposition 1907 dieses Planeten folgende Elemente abgeleitet.[3])

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4177.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4181.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 4193.

Epoche 1906 Nov. 29.0 M. Z. Berlin.

$$
\begin{array}{rl}
M = & 41^\circ\ 27'\ 30.0'' \\
\omega = & 302\ \ 11\ \ 26.7 \\
\Omega = & 43\ \ 25\ \ 31.6 \\
i = & 22\ \ \ 3\ \ 32.6 \\
\varphi = & 8\ \ 16\ \ \ 7.2 \\
\mu = & 300.659'' \\
\log a = & 0.714621
\end{array}
\quad \left.\begin{array}{l} \omega \\ \Omega \\ i \end{array}\right\} 1910.0
$$

Mars. W. F. Denning äußerte sich zum Teil auf Grund seiner eigenen Beobachtungen über die Kanäle des Mars. Schiaparelli, sagt er, entdeckte das „kanalige“ Aussehen der Marsscheibe im Jahre 1877, und die Genauigkeit der bezüglichen Arbeiten des italienischen Beobachters ist in der Folge von mehrern der führenden Astronomen auf dem Gebiete der Planetenforschung bestätigt worden. Indessen die Bahn des Pioniers ist schwierig und führt leicht auf Seitenwege, auch wenn die allgemeine Direktion richtig ist. In Hinsicht auf alle Details seiner Marskarten hat Schiaparelli nicht immer Bestätigung gefunden, noch ist die Verdopplung mancher seiner Kanäle bestätigt worden. Aber hiervon abgesehen, bilden seine Darstellungen die beste Arbeitsbasis für den heutigen Beobachter und reichen weit hinaus über die Arbeiten von Green, dessen sehr schöne Zeichnungen dadurch beeinträchtigt sind, daß er viel zu skrupulös war in bezug auf Eintragung von Details, die nicht hervorragend deutlich waren. Schiaparelli hat ohne Zweifel die Kanäle viel zu gerade, zu scharf und zu gleichförmig gezeichnet. In den meisten Fällen zeigt das Teleskop dieselben wie höchst feine Bleistiftstriche oder Adern, die mit dunklern Regionen verknüpft sind, aber durchaus nicht von gleicher Breite oder gleichem Tone erscheinen. Obgleich mit einem und demselben Namen bezeichnet, repräsentieren sie sicherlich sehr ungleiche Objekte.

Einige Kanäle verdanken ihre (scheinbare) Existenz dem Kontrast an den Grenzen verschieden dunkler Flächen, andere entsprechen ziemlich ihrer Bezeichnung, indem sie als Streifen erscheinen, welche bekannte dunkle Flecke miteinander verbinden oder bisweilen über ausgedehnte Regionen der Oberfläche fortziehen. Wieder andere werden gebildet aus kleinen, unregelmäßigen Punkten (Kondensationen), welche näherungsweise in Reihen geordnet sind und sich dadurch in Banden darstellen, in welchen manches Detail momentan aufblinkt. Bei gewöhnlichen Vergrößerungen ist der allgemeine Anblick derselben auf der kleinen Scheibe derjenige von Strichen oder Kanälen, und der Beobachter zeichnet sie so, da er nicht imstande ist, die feinen Details wahrzunehmen.

Im März 1903, fährt Denning fort, begann ich eine Reihe sorgfältiger Beobachtungen des Mars mit einem 10-zolligen Reflektor, und günstige Witterung während einer Folge von zwei Monaten setzte mich in den Stand, den Planeten in 26 Nächten zu untersuchen

und 36 Zeichnungen desselben zu entwerfen. In den ersten Nächten sah ich bereits einige Kanäle mit unzweifelhafter Sicherheit. Eine beträchtliche Anzahl der in Schiaparellis Karten enthaltenen Kanäle wurde identifiziert, und als Resultat ergab sich die allgemeine Korrektheit dieser Zeichnungen, aber keinerlei Wahrnehmung von doppelten Kanälen gelang. Für mein Auge waren die Linien unveränderlich einfach, selbst bei den stärksten zulässigen Vergrößerungen, und ich bin zu dem Schlusse gezwungen, daß die Verdopplung keine wirkliche Tatsache ist.

Während meiner Beobachtungen fanden mehrere auffallende Veränderungen im Aussehen hervortretender Objekte der Marsscheibe statt, und diese wurden wahrscheinlich verursacht durch atmosphärische Vorgänge an der Oberfläche des Planeten. Die Gegenwart von Wolken oder verdeckenden Dünsten hat dagegen offenbar nur relativ kleine Regionen affiziert, denn die Flecke boten im allgemeinen Nacht für Nacht den gleichen Anblick, natürlich entsprechend der veränderlichen Schärfe der Bilder.

Die hellen Flecke sind augenfällig besonders am oder im Rande der Scheibe des Planeten, sie scheinen ebenso permanent zu sein wie die dunkeln Flecke.

Aus den Beobachtungen der Durchgänge von Syrthis major, die mit solchen vom Februar 1869 verglichen wurden, ergab sich, daß in der Zwischenzeit 12 136 Rotationen stattgefunden hatten, und die Umdrehungsdauer des Mars $24^h\ 37^m\ 22.7^s$ beträgt.

Die kanalförmigen Erscheinungen bieten mehrere tatsächliche Verschiedenheiten dar, einige derselben sind ziemlich breite und verwaschene Schattierungen, während andere sich als schmale und feine Linien darstellen. Die von Lowell als Oasen bezeichneten dunkeln Knoten wurden hier 1884, 1886 und in andern Jahren gesehen.

Die von Maunder und Evans geleiteten genialen Experimente erweisen gewisse Wahrnehmungen als Täuschungen, ohne indessen, wie einige meinen, das ganze Kanalsystem des Mars als solche nachzuweisen. Mehrere Kanäle sind in der Tat so augenfällig, daß sie in dieser Beziehung mit den Streifen des Jupiter und Saturn verglichen werden können.

Wenn wir die Vergrößerung viel weiter treiben und Mars als hinreichend große Scheibe prüfen könnten, würden die Kanäle wahrscheinlich einen Anblick gewähren, der sehr verschieden ist von dem in unsern gewöhnlichen Instrumenten. Wir würden sie dann wahrscheinlich als breite, ausgerandete Bänder von dunkelm Materiale sehen, die keinerlei Ähnlichkeit mit scharfgeschnittenen Wasserrinnsalen besitzen. Der südliche Äquatorialstreifen des Jupiter besteht aus einer Reihe von Flecken und gewährt eine gute Vorstellung der Veränderungen im Aussehen, wenn man ihn einmal an 50-facher dann an 500-facher Vergrößerung betrachtet. An

ersterer bildet er einen sehr dunkeln, schmalen Streifen, aber an letzterer ist dieser in eine Menge von flockigem Materiale, das sich in Gestalt eines breiten Zuges ausdehnt, zerfallen.

Wenn die Existenz der Marskanäle bezweifelt wurde, so ist dies zum Teil darauf zurückzuführen, daß gewisse Beobachter, die wirkliche Anzahl dieser Objekte übertrieben haben, sie in unnatürlicher Weise darstellten und das allgemeine Aussehen des Mars in einer Art ausarbeiteten, die offenbar dem teleskopischen Anblicke widerstreitet. Es ist wahr, daß gewisse Formen der Kritik die Beobachter stören ohne nützlichen Zweck; allein anderseits kann man alles unbesehen annehmen, was uns als beobachtet, wirklich oder eingebildet, objektiv oder subjektiv, angeboten wird.

Einander widersprechende Wahrnehmungen bei Beobachtung von Planeten werden gewöhnlich der Verschiedenheit der Teleskope, der Gesichtskraft und lokalen atmosphärischen Zuständen zugeschrieben, aber die Hauptursache liegt bei den Beobachtern selbst, die bezüglich ihrer Auffassung und Interpretation des Gesehenen sehr voneinander verschieden sind. Der eine nimmt äußerst feine und unvollständige, nur unsicher momentan auftauchende Details als sicher an und arbeitet sie möglicherweise weiter aus, ein anderer verwirft ähnliche Wahrnehmungen vollständig. Tatsächlich kommen zwei Umstände, die einander direkt entgegengesetzt sind, ins Spiel: 1. das vorherrschende Streben, Neues aufzuspüren und ältere Rekords zu übertreffen, und 2. die Notwendigkeit nur das anzunehmen, was sicher und dauernd gesehen ist mit Ausschluß alles Zweifelhaften. In bezug auf diese beiden Punkte weichen die Beobachter weit voneinander ab. Einige von ihnen beachten nicht genügend ihre verantwortliche Lage und stellen kühnlich Behauptungen auf, die das Teleskop nicht rechtfertigt, andere sind vielleicht zu ängstlich und geneigt, Details zu verwerfen, welche tatsächlich vorhanden sind, aber nur höchst fein und blickweise sich darstellen. Bei Beurteilung der Qualität von Beobachtungsresultaten sollte man sich stets erinnern, daß die Individualität des Beobachters einen hervorragenden Anteil hat. Einige sehen alles doppelt, andere unterscheiden Neues, wo gar nichts sichtbar ist, andere wiederum halten Kanäle für eine notwendige Erscheinung auf jeder Planetenscheibe. So sollen Merkur und Venus sehr augenfällige Flecken gezeigt haben, während andere nichts davon wahrnehmen konnten. In den Objekten selbst sind diese Anomalien nicht zu suchen, denn das tatsächlich Vorhandene kann ohne Schwierigkeit bestätigt werden. Die Flecke auf dem Saturn sind z. B. kurz nach ihrer Entdeckung von mehrern Beobachtern wahrgenommen worden. Doch kehren wir zum Mars zurück. Die Berichte von kanalähnlichen Linien auf seiner Scheibe sind wahr, obgleich hier und da etwas Übertreibung mit unterläuft; sie werden allen Widerspruch der Skeptiker überleben. Die nördliche Hemisphäre des Planeten erscheint angefüllt mit dunkeln Strichen, welche

kanalförmig verlaufen. Sie mögen vielleicht keine Wasserläufe sein, und ihr wirkliches Aussehen mag bisweilen sehr unähnlich dem in gewöhnlichen Teleskopen erscheinenden sein, aber die mit genügenden Hilfsmitteln versehenen Beobachter sind korrekt, wenn sie viele derselben als Linien und dunkle Streifen darstellen, welche die größern Flecke verbinden.

Die Lage der Ebene des Saturnringes ist von B. Peter neu bestimmt worden[1]) unter Verwendung des von Bessel noch nicht benutzten Beobachtungsmaterials.

Von den acht nach 1833 beobachteten Durchgängen von Sonne oder Erde durch die Ringebene liefern sechs ausreichende Unterlagen, um die Länge n des aufsteigenden Knotens der Ringebene auf der Ekliptik zu bestimmen. Indem Prof. Peter für die Neigung dieser Ebene gegen die Ekliptik i = 28° 5′ 42″ (m. Äqu. 1890.0) angenommen, erhielt er für die Knotenlänge (m. Äqu. 1890.0):

	Epoche	n
⊙	1848.7	168° 2′ 37″
♁	1848.7	0 40
♁	1849.0	2 41
⊙	1862.4	0 37
⊙	1878.1	1 34
⊙	1891.8	1 0
	1863.1	168° 1′ 31″

Der mittlere Fehler einer Bestimmung beträgt ± 56″, der des Mittels ± 23″.

Nach Bessels Untersuchung besitzt die Knotenlinie auf der Saturnbahn eine rückläufige Bewegung von jährlich 3.85″, der mittlere Fehler dieser Bestimmung beträgt aber ± 4.1″. Auch die oben angeführten sechs Werte für den Knoten führen zu einer rückläufigen Bewegung von derselben Größe wie die Bewegung selbst, nämlich m = 1.25″ ± 1.32″. Auf theoretischem Wege hat Oudemans für m gefunden 0.25″ und H. Struve 0.7″.

Die Epoche der Besselschen Bestimmung des Knotens ist 1780. Reduziert man den Besselschen Wert nur mit der Präzession, unter Vernachlässigung von m, auf 1890, so erhält man 168° 9′ 36″ ± 4.2′. Für den Knoten des Saturnäquators hat H. Struve aus den Trabantenbeobachtungen gefunden

167° 57′ 38″ ± 1.3′ Epoche 1889.25 m. Äqu. 1890.0.

Nimmt man den Saturnäquator als mit der Ringebene zusammenfallend an, so hat man für das m. Äqu. 1890 also die drei Werte für den Knoten

168°	9′	36″	± 4.2′	1780	Bessel
168	1	31	± 0.4	1863.1	Peter
167	57	38	± 1.3	1889.25	H. Struve

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4133.

In diesen drei Werten spricht sich deutlich eine rückläufige Bewegung der Knotenlinie aus. Die Verbindung des Besselschen Wertes mit dem von Peter führt zu

$$m = 5.83'' \pm 3.04''.$$

Setzt man den mittlern Fehler seiner Knotenbestimmung zu $\pm$ 1.5′ an, so wird der mittlere Fehler $\pm$ 3.22″. Mit dem Werte m = 5.8″ wird auch der Strutvesche Wert noch innerhalb seines mittlern Fehlers dargestellt. Diese Zahlen machen es sonach sehr wahrscheinlich, daß die rückläufige Bewegung der Knotenlinie sich aus den Beobachtungen wesentlich größer als auf theoretischem Wege ergibt.

Neue Untersuchungen über die Helligkeitsschwankungen der vier großen Jupitermonde. Im Winter 1904 auf 1905 hat Dr. P. Guthnick auf der Sternwarte in Bothkamp photometrische Beobachtungen der hellen Jupitermonde ausgeführt, die zu wichtigen Resultaten führten, und über die an dieser Stelle berichtet worden ist.[1]) Er hat diese Beobachtungen dann wieder aufgenommen und vom 5. Juli 1905 bis zum 1. April 1906 fortgeführt. Die Ergebnisse der darauf beruhenden neuen Untersuchungen wurden der Preußischen Akademie der Wissenschaften in der Sitzung vom 27. März 1907 in einer Abhandlung vorgelegt,[2]) deren Hauptinhalt hier folgt:

Die frühern Untersuchungen Dr. Guthnicks hatten die Periodizität des Lichtwechsels der Trabanten und die Übereinstimmung der Perioden mit den Umlaufszeiten als unzweifelhaft ergeben, was nicht wohl anders erklärt werden kann als durch die Annahme, daß Rotations- und Umlaufszeit bei diesen Himmelskörpern gleich, und daß ihre Oberflächen von ungleichförmiger Albedo sind; daneben kommt noch eine merkliche Abweichung der Figur der Trabanten von der Kugelgestalt in Betracht. Weiter ergab sich aber auch, daß der Lichtwechsel nicht vollkommen streng periodisch sein könne, daß vielmehr eine relativ geringe Unstabilität der Lichtkurven während des Beobachtungszeitraumes von 1904 Dezember bis 1905 April bestanden haben müsse. Größere unzweifelhafte Veränderungen ließen sich ferner durch die Vergleichung der Auwersschen Beobachtungen (1858 bis 1860) mit den übrigen feststellen. Insbesondere die Lichtkurve des Trabanten II hat 1859 bis 1860 einen merklich andern Verlauf gehabt als 1870, 1877 bis 1878 und 1904 bis 1905; auch die übrigen Trabanten weisen Unterschiede auf, welche jetzt wenigstens teilweise als reell angesehen werden müssen. Die vorliegende neue Beobachtungsreihe, heißt es in der Abhandlung weiter, bestätigt diese Ergebnisse und fügt denselben weitere Einzelheiten hinzu. „Die Frage nach der Ursache des Lichtwechsels und der Veränderlichkeit der Lichtkurven wurde damals noch offengelassen; es wurde jedoch auf die verschiedenen Möglichkeiten hin-

---

[1]) Dieses Jahrbuch Bd. **16**. p. 37.

[2]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wiss. 1907. **17**. p. 335.

gewiesen. Bezüglich der Ursache des Lichtwechsels stehen zwei Möglichkeiten im Vordergrunde, nämlich 1. das Vorhandensein von Stellen ungleichen Reflexionsvermögens auf den Trabantenoberflächen, 2. eine Abweichung der Figur der Trabanten von der Kugelgestalt. Die Erörterung des ersten Punktes führte zu dem Schlusse, daß der Verlauf der Lichtkurven durch alleinige Annahme diffuser Reflexion nicht erklärt werden könne, daß man vielmehr genötigt sei, partielle Spiegelung anzunehmen. Mit der zweiten Annahme läßt sich günstigenfalls nur ein Teil der Helligkeitsbewegungen erklären; sie hat eine gewisse Stütze in der Form der Lichtkurven, welche durchschnittlich geringere Helligkeiten in den Konjunktionen, größere in den Elongationen der Trabanten aufweisen. Dieses Gesetz tritt jedoch in den Kurven von 1904 bis 1905 nicht ganz klar zutage, weshalb darauf ein größeres Gewicht nicht gelegt worden war. Die Lichtkurven für 1905 bis 1906 dagegen zeigen jene Eigentümlichkeit in bedeutend stärkerer Ausprägung."

Dr. Guthnick teilt alle Einzelheiten bezüglich der Beobachtungsmethode, die im wesentlichen die gleiche war wie früher, mit und ebenso die Helligkeitskurven, die sich aus der ältern wie der neuern Beobachtungsreihe ergaben. Die Vergleichung beider zeigt das überraschende Resultat, daß innerhalb von noch nicht einem halben Jahre ganz beträchtliche Veränderungen stattgefunden haben, welche aber im allgemeinen nicht auf starke Neigungen der Trabantenäquatoren gegen die Jupiterbahn zurückgeführt werden können, sondern offenbar physische Vorgänge auf den Oberflächen, bzw. in den Atmosphären der Trabanten widerspiegeln.

„Betrachtet man die Beobachtungsreihe 1905 bis 1906 für sich allein, so ist aus ihr ebenfalls mit Notwendigkeit die Übereinstimmung der Lichtwechselperioden mit den Umlaufszeiten zu folgern.

Es bleibt noch übrig, auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Lichtkurven, welche in der Hauptsache zwischen Frühjahr und Herbst 1905 stattgefunden haben müssen. und der großen Aktivität der Jupiteroberfläche während der zweiten Hälfte des Jahres 1905 und im folgenden Jahre hinzuweisen, im Verlaufe derer das nördliche Äquatorealband des Planeten fast ganz verschwand. Die vielleicht nicht zufällige Gleichzeitigkeit der beiden Vorgänge, die möglicherweise auf solare Ursachen hindeutet, ist auch, wenngleich viel weniger auffallend, für die Zeit der Auwersschen Beobachtungen angedeutet. Es wurde schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß die Lichtkurve von II 1858 bis 1860 einen wesentlich andern Verlauf gehabt hat, als zur Zeit der Messungen von Engelmann, Pickering und 1904 bis 1905. Auch die Kurve von IV weist Abweichungen gegen die Form von 1870 und 1904 bis 1905 auf, welche an die Veränderungen von 1905 bis 1906 erinnern. Damals befand sich die Jupiteroberfläche ebenfalls gerade in einer Periode lebhafter Veränderung, die sich besonders durch das all-

mähliche Verschwinden beider Äquatorstreifen 1858 bis 1859 und das plötzliche Wiederauftreten des südlichen Bandes im Herbste 1859 bemerkbar machte. Zur Zeit der Engelmannschen und der wenig zahlreichen Pickeringschen Beobachtungen, sowie 1904 bis 1905 hatte Jupiter im großen und ganzen normales Aussehen; die aus diesen Beobachtungen konstruierten Lichtkurven weisen keine auffallende Abweichungen auf, die sich nicht auf die Unsicherheit der Beobachtungen zurückführen lassen.“ Eine gewisse Periodizität der Veränderungen der Lichtkurven ist demnach nicht ausgeschlossen; aber die Periode ist nicht gleich der Umlaufszeit des Jupiter. Auch eine Beziehung zur Sonnenfleckenperiode ist nicht deutlich genug ausgeprägt, um ihr Realität ohne weiteres zusprechen zu können. Ein strenger Parallelismus zwischen den Erscheinungen auf Jupiter, den Veränderungen der Trabantenkurven und der Sonnenfleckenperiode wäre freilich von vornherein nicht zu erwarten, selbst wenn ein Zusammenhang wirklich bestehen sollte. Zur Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen würde es jedenfalls andauernder Beobachtung der Trabanten durch mindestens einen Jupiterumlauf hindurch bedürfen.

Flecke auf der Oberfläche des 3. Jupitermondes. Dem Direktor der Sternwarte Fabra bei Barcelona, J. Comas Sola, ist es am 23. November 1906 gelungen, auf der Oberfläche des dritten Jupitermondes deutliche Flecke wahzrunehmen und deren Aussehen am 14-zolligen Refraktor dieser Sternwarte zu zeichnen. Comas Sola hat seine bezüglichen Beobachtungen während der jüngsten Erdnähe des Jupiter fortgesetzt und konnte, von vorzüglicher Witterung begünstigt, die volle optische Kraft des Refraktors dabei ausnutzen. Er gibt über diese Beobachtungen einen ausführlichen Bericht[1]) nebst zwölf Zeichnungen vom Aussehen des Trabanten. Letztere sind auf Tafel I hier wiedergegeben. Gemäß diesen Zeichnungen sind die dunkeln und hellen Flecke, besonders die Polarflecke des Trabanten sehr augenfällig, und das Aussehen der Scheibe erinnert in hohem Grade an dasjenige des Mars in Fernrohren von mittlerer Größe. Als Ergebnis einer genauern Diskussion seiner Wahrnehmungen stellt Comas Sola folgende provisorische Sätze auf:

1. Die Sichtbarkeit der nördlichen Polarkalotte des Trabanten ist unabhängig von der Position desselben gegen Jupiter.

2. Diese nördliche Kalotte ist unvergleichlich heller und konstanter als die südliche; ihre Helligkeit ist vergleichbar derjenigen der Polarflecke des Mars.

3. Wie beim Mars ist die nördliche helle Kalotte des 3. Jupitermondes, von einem dunkeln Rande umgeben, der gegen den Polarfleck hin dunkler erscheint.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4199.

4. Diese Kalotte ist in bezug auf ihre Sichtbarkeit sehr veränderlich, abgesehen von den wechselnden Zuständen unserer Atmosphäre.

5. Die nördliche Kalotte schien auf die Erde zu geneigt. Befindet sie sich am Ende der Rotationsachse des Satelliten, so würde die Äquatorialebene desselben mit Beziehung auf seine Bahnebene eine beträchtliche Neigung besitzen.

6. Die dunkeln Flecke sind sehr schwer zu präzisieren, und sie scheinen sich in kurzer Zeit zu verändern.

7. Über die Rotationsdauer dieses Satelliten läßt sich Sicheres nicht sagen.

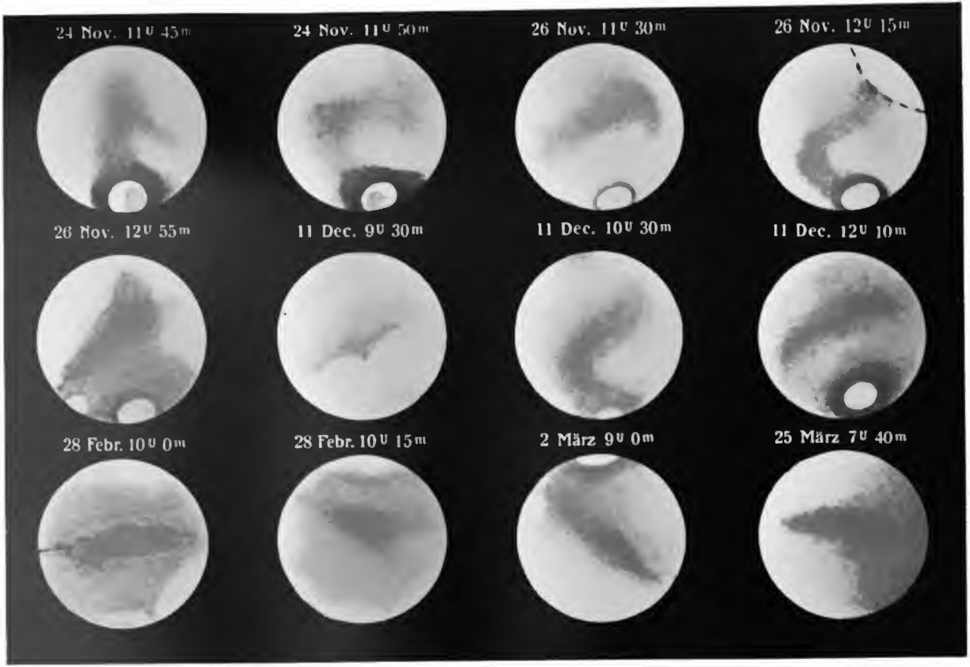
Frühere Beobachtungen des 6. Jupitermondes. Die photographischen Aufnahmen der Umgebung des Jupiter mittels des großen Crossleyreflektors der Licksternwarte haben bekanntlich am 3. Dezember 1904 zur Entdeckung eines sehr schwachen Sternchens geführt, das sich durch weitere photographische Aufnahmen bis zum 4. Januar 1905, als ein 6. Mond des Jupiter erwies. Die Nachforschung auf den photographischen Platten der Harvardsternwarte hat nun seitdem ergeben,[1]) daß dieser Jupitermond schon auf zwei Platten aus dem Jahre 1894 und auf neun Platten aus dem Jahre 1899 dargestellt ist, ohne daß man ihn als Trabanten erkannte. Diese Platten waren zwei bis drei Stunden lang exponiert, und der Trabant würde darauf dargestellt sein, selbst wenn er eine volle Größenklasse schwächer wäre. Es ist wahrscheinlich, daß bei Aufnahmen mit dem Bruceteleskop zu Arequipa von zweistündiger Expositionsdauer, wenn dabei das Bild des Jupiter wegen der großen Helligkeit desselben durch einen Schirm verdeckt wird, selbst ein Satellit, der nur 15. Größe ist, und mehr als 5′ Winkelabstand vom Jupiter, der Wahrnehmung nicht entgehen würde.

Neu berechnete Bahnelemente des 6. Jupitermondes. F. E. Roß hat für das mittlere Datum 1905.04 die von den Wirkungen der Störungen befreiten Bahnelemente dieses Trabanten berechnet. Dieselben sind, bezogen auf die Ebene des Erdäquators, der Ekliptik und der Jupiterbahn folgende:

	Ebene des Erdäquators	Ebene der Ekliptik	Ebene der Jupiterbahn
Länge des Perihels	268.82°	268.62°	268.30°
Länge des aufsteigenden Knotens. .	171.0	178.18	180.53
Neigung der Bahn	5° 35.0′	28° 58.7′	28° 44.8′
Winkelabstand d. Perihels v. Knoten	97.82°	90° 44′	87.77°

Die mittlere tägliche Bewegung beträgt siderisch 1.43645°, tropisch 1.436 49°, die siderische Umlaufsdauer 250.618 Tage, die halbe große Achse der Bahn (in Teilen der mittlern Entfernung

[1]) Annales of Harvard College Observatory **60**. Nr. 2. p. 33.



Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Jahrbuch XVIII. 1907.
Tafel I.

Aussehen des 3. Jupitermondes von November 1906 bis März 1907.

gezeichnet von J. Comas Solá.

der Erde von der Sonne) 0.076 604 oder in Winkelmaß bei mittlerer Entfernung des Jupiter 3037.0″, ist also etwas über sechsmal so groß wie die mittlere Entfernung des vierten Trabanten. Das Perihel rückt (theoretisch) in einem julianischen Jahre auf der Ebene der Jupiterbahn um 1.373° vor, der aufsteigende Knoten geht in derselben Zeit um 1.207° zurück.[1])

Neue Bahnelemente des 7. Jupitermondes hat Frank E. Roß berechnet.[2]) Sie beruhen auf zwölf Beobachtungen, die sich über den Zeitraum vom 3. Januar 1905 bis 25. September 1906 erstrecken. Die hauptsächlichsten Störungen wurden ebenfalls berechnet. Die Elemente sind folgende:

$$\left.\begin{aligned} g &= 238.23^\circ \\ \omega &= 182.77 \\ \Omega &= 291.45 \\ i &= 25^\circ\ 18.6' \end{aligned}\right\}\ \text{bezogen auf die Ebene des Erdäquators, 1905 Jan. 00 m. Z. v. Gr.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega_3 &= 235.92^\circ \\ \Omega_3 &= 243.00 \\ i_3 &= 27^\circ\ 58.3' \end{aligned}\right\}\ \text{bezogen auf die Ebene der Jupiterbahn}$$

tägliche Bewegung von g	= 1.3804°
mittlere siderische Bewegung	= 1.3843
Periode in 260.06 Tagen a	= 3113″
$\varphi = 11^\circ\ 58'$, größte Elongation. . .	= 93′

Der Mond.

Die Rotation und Gestalt des Mondes. Arbeiten hierüber haben früher Wichmann, Hartwig und Franz veröffentlicht, neue und weit umfassendere Untersuchungen hat neuerdings Friedrich Hayn ausgeführt, und da dieselben jetzt vollendet vorliegen,[3]) so ist es angezeigt, an dieser Stelle wenigstens auf einige Hauptergebnisse derselben in bezug auf deren selenologische Bedeutung einzugehen. Bezüglich der mathematischen Behandlung des Problems wird der Fachmann die drei Abhandlungen, in welchen der Verfasser seine Arbeiten veröffentlicht hat, mit großem Interesse selbst studieren, hier können, wie bemerkt, nur die Ergebnisse, insofern solche unser positives Wissen vermehren, kurz und allgemein verständlich dargestellt werden.

Den Ausgangspunkt für alle hierhin gehörigen Untersuchungen bilden die drei von D. Cassini entdeckten Gesetze, welche also lauten:

1. Der Mond dreht sich um eine in ihm feste Achse in derselben Zeit, in der er einen Umlauf um die Erde vollendet.

---

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 112.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 4175.

[3]) Abhandl. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. **27**. Nr. 9. **29**. Nr. 1. **30**. Nr. 1.

2. Die Neigung dieser Achse gegen die Ekliptik ist konstant.

3. Mondäquator, Mondbahn und Ekliptik schneiden sich in einer Geraden, und zwar so, daß der absteigende Knoten des Mondäquators auf der Ekliptik mit dem aufsteigenden Knoten der Bahn zusammenfällt.

Diese Gesetze gelten für die mittlere Bewegung des Mondes.

Mit Hinweis auf eine von Prof. Bruns in seinen Vorlesungen gemachte Bemerkung betont Hayn, daß die Unveränderlichkeit der Drehachse im Mondkörper nur näherungsweise gilt. Theoretisch steht fest, daß die augenblickliche Drehachse eines frei beweglichen Körpers im Raume fest oder beweglich ist, wenn sie es im Körper ist, und umgekehrt. Die Drehachse des Mondes beschreibt nun im Raume angenähert einen Kreiskegel um die Achse der Ekliptik, dessen halber Öffnungswinkel gleich der Neigung des Mondäquators ist. Daraus läßt sich für die Achsenänderungen im Mondkörper und für die entsprechenden Polhöhenschwankungen auf Beträge schließen, die mindestens 20″ oder, von der Erde aus gesehen, 0.1″ erreichen.

„Bewegte sich," fährt der Verfasser fort, „der Mond mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde in einer Kreisbahn, die mit dem Mondäquator zusammenfiele, so würde ein ganz bestimmter Mondradius stets auf den Schwerpunkt der Erde gerichtet sein. Dieser „erste Radius", durch den Tobias Mayer seinen ersten Mondmeridian legte, ist nun aber in Wirklichkeit nicht immer auf das Erdzentrum gerichtet, da die vorhin genannten Bedingungen nicht erfüllt sind, sondern er weicht von dieser Richtung in dem Maße ab, als die Mondbewegung von der oben angenommenen Kreisbahn abweicht. Der „erste Radius", welcher in der vorliegenden Untersuchung eine ganz besondere Bedeutung hat, liegt also im Mondäquator, und sein Abstand vom aufsteigenden Knoten dieser Ebene ist gleich der mittlern Länge des Mondes, vermindert um die mittlere Länge des aufsteigenden Knotens seiner Bahn, da eben dieser Abstand Null ist, wenn der mittlere Mond sich in diesem Knoten befindet, und da zufolge des ersten Gesetzes der erste Radius in derselben Zeit einen Umlauf vollendet wie die mittlere Länge.

Nun könnten die Cassinischen Gesetze nicht bestehen, wenn der Mond eine homogene Kugel oder ein Rotationsellipsoid wäre. Der Mond muß vielmehr ein dreiachsiges Ellipsoid sein, und da wir anzunehmen haben, daß der Mond diese Form unter dem Einflusse der Anziehung der Erde und seiner Rotation erlangt hat, bevor er erstarrte, so ist die Vorstellung wohl gerechtfertigt, daß die Lage der Hauptträgheitsachsen folgende sei: Zwei Achsen liegen im Äquator, die dritte fällt mit der Rotationsachse zusammen. Von den ersten beiden wird wiederum die eine mit dem ersten Radius zusammenfallen.

Rotations- und Umlaufszeit müssen bereits gleich gewesen sein, als der Mond erstarrte, da sich außer der Reibung der bedeutenden,

durch die Erde hervorgerufenen Flut keine Kraft denken läßt, die imstande gewesen wäre, diese Gleichheit hervorzurufen.

Unter dem Einflusse der Attraktion der Erde mußte sich dann auf dem Monde eine stehende Flutwelle bilden, deren Symmetrieachse mit dem ersten Radius zusammenfällt. Da nun derselbe nicht immer auf die Erde gerichtet ist, so wird der Mondkörper unter dem Einflusse der Erdanziehung pendelartige Schwingungen ausführen, die im allgemeinen, wie sich vermuten läßt, die Ungleichheiten der Mondbewegung widerspiegeln werden.“

Hayn behandelt zunächst das Problem der Achsenbewegung der Mondes so, als wäre der direkte Einfluß der Sonne darauf gleich Null, und zeigt dann, daß die Rotationsbewegung des Mondes in der Tat nur sehr wenig durch die direkte Anziehung der Sonne beeinflußt wird, da diese wegen der großen Entfernung der Sonne nur den 185. Teil des Einflusses der Erdanziehung betragen kann. Hayn findet, daß die einzig bemerkbare Wirkung der Sonnenanziehung auf das rotierende Mondellipsoid darin besteht, daß hierdurch die mittlere Neigung des Mondäquators um ein geringes sich anders ergibt, als wenn die Erde allein wirkte. Bei Berechnung der physischen Libration des Mondes kann man daher die Einwirkung der Sonne außer acht lassen.

Im zweiten Teile seiner Publikation gibt Hayn eine ausführliche Bearbeitung der Beobachtungen, welche er in den Jahren 1898 bis 1901 am 11-zolligen Refraktor der Leipziger Sternwarte angestellt hat, und zwar behandelt er die Ableitung der selenographischen Position von fünf Punkten I. Ordnung auf der Mondoberfläche und der Rotationselemente des Mondes. Das Netz der ausgewählten fünf selenographischen Punkte erster Ordnung besteht aus den Objekten: Mösting A, Messier A, Kepler A, Egede A, Tycho Zentralberg. „Ein Grund, warum außer Mösting A gerade diese vier Punkte gewählt wurden, war zunächst die gute Definition dieser Objekte, sodann aber der Umstand, daß Messier A und Kepler A vorzüglich geeignet sind, um frei von systematischen Fehlern die Neigung der Mondachse zu bestimmen und ebenso zur Orientierung von photographischen Mondaufnahmen zu dienen. Da nämlich die Krater Messier A, Mösting A, Kepler A so gelegen sind, daß in allen Beleuchtungsphasen die Symmetrieachse ihrer Figur mit dem Parallel nahe zusammenfällt, so werden Deklinationseinstellungen dieser Punkte im wesentlichen frei sein von systematischen, durch verschiedenartige Beleuchtung hervorgerufenen Fehlern. Nachdem so drei Punkte in der Nähe des Mondäquators gewählt waren, mußten notwendig die beiden andern in der Nähe der Pole ausgesucht werden. Im Norden war die Wahl nicht schwer, da Egede A ein sehr scharf definiertes Objekt ist, im Süden dagegen gibt es überhaupt keinen Punkt, der unter allen Beleuchtungsverhältnissen gut zu beobachten ist. Am besten geeignet schien immerhin noch die Spitze des Zentral-

berges von Tycho zu sein, obschon dieser Punkt zwei Tage vor bis zwei Tage nach Vollmond nicht beobachtet werden kann.“

Wie aus den Messungen der scheinbaren Lagen dieser Punkte gegeneinander und gegen den Mondrand deren Längen und Breiten auf dem Monde berechnet werden, findet der dafür interessierte Leser in der Abhandlung ausführlich mitgeteilt. Auf mehrern Tafeln, die Verkleinerungen der Blätter des großen Pariser Mondatlas sind, finden sich die fünf Punkte mit ihrer nähern Umgebung abgebildet. „Um eine Schätzung der Höhendifferenzen aus den Schattenlängen nach diesen Abbildungen zu ermöglichen, ist unter jeder Karte die Höhe der Sonne über dem Horizonte des betr. Hauptpunktes gegeben. Mösting A würde hiernach eine Höhe von etwa 4000 *m*, Kepler A eine solche von 2400 *m* über dem mittlern Niveau des Randes haben. Sollte der Wert von Mösting A bestätigt werden, so müßte man annehmen, daß der Mond um einen Betrag von beiläufig 1″ oder 2000 *m* nach der Erde zu verlängert ist, das wäre etwa rund ein Tausendstel des Radius. Denn wenn auch Mösting A in einer gebirgigen Gegend liegt, so scheint gegen eine Höhe von 4000 *m* über dem mittlern Niveau der Augenschein zu sprechen. Nach den Pariser Photographien kann Mösting A etwa 1″ = 1900 *m* über den Ebenen seiner Umgebung liegen. Im allgemeinen scheinen aber die größern Ebenen des Mondes eher unter als über dem mittlern Niveau zu liegen. Kepler A liegt auf den Ausläufern des Keplergebirges, außerdem von allen andern Punkten dem ersten Radius am nächsten, so daß seine Höhe von 1.3″ erklärlich scheint. Messier A und Egede A sind augenscheinlich derartig gelegen, daß der Kamm ihres Walles nicht erheblich vom mittlern Niveau abweichen dürfte. Tycho endlich liegt in der gebirgigsten Gegend des Mondes, das Ringgebirge selbst ist sehr hoch, jedoch befindet sich der Gipfel des Zentralberges tief unter dem Kamme des Wallgebirges (nach Mädler 3000 bis 4000 *m*), so daß auch hier der beobachtete Punkt nahezu im mittlern Niveau liegen dürfte.“

Von größter Wichtigkeit für die genaue Ermittlung der Rotationselemente des Mondes und der Position der Oberflächenpunkte ist die Ausscheidung derjenigen Messungsfehler, welche durch die Abweichungen des Mondrandes von der genauen Kreisform hervorgerufen werden. Hiermit beschäftigt sich Hayn in seiner dritten Abhandlung. Das Beobachtungsmaterial ist natürlich nicht so umfangreich, daß eine detaillierte Karte der Randpartien aufgestellt werden könnte, die einzelne Berge und Täler enthält, sondern man muß sich im allgemeinen damit begnügen, größere Gebirgszüge und Senkungen zahlenmäßig nachzuweisen. Ferner ist auch die perspektivische Verschiebung durch die optische Libration nicht groß genug, um aus ihr den wahren selenographischen Ort des Objektes ableiten zu können, sondern man muß sich mit der Näherung begnügen, einem Berge, der am Mondrande erscheint, die Lage im

geometrischen Randpunkte zuzuweisen, obwohl er ebensogut mehr nach dem Beobachter zu als auf der abgewendeten Seite des Mondes liegen kann und sich nur infolge seiner Höhe auf den Rand projiziert.

Die definitive Untersuchung des Randniveaus des Mondes wird von Hayn auf Grund seiner genauen Neuberechnung des Ortes des Kraters Mösting A auf der Mondoberfläche durchgeführt, und er gibt eine Karte des Mondrandes mit den dort vorhandenen Erhebungen und Vertiefungen. Aus dieser Karte, sagt Hayn, geht hervor, „daß Hebungen und Senkungen über den ganzen Rand verteilt sind. Im allgemeinen sind die Senkungen wohl schon bekannte Mare. Eine wesentliche Ausnahme hiervon bilden aber die ausgedehnten Senkungen, die sich nach meinen Untersuchungen jenseits der beiden Pole befinden und als sicher nachgewiesen gelten können; besonders interessant sind die Niveauverhältnisse des Südpols. Jedenfalls sind diese Verhältnisse nicht geeignet, die Ansicht zu stützen, daß sich in der Nähe der Pole keine großen Senkungen befänden. In dem Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 31. Mai 1906 hat Franz aus der Annahme, daß die Mare sich nur in einem etwa äquatorealen Gürtel befinden, die Entstehung derselben zu erklären versucht. Diese Erklärung stützt sich aber auf die Annahme, daß der Mond schon wesentlich erstarrt war, als er noch eine größere Rotationsgeschwindigkeit besaß. Dem gegenüber muß hier nochmals betont werden, daß, solange wir keine andere Erklärung für die Gleichheit von Rotations- und Umlaufszeit haben als die Flutreibung, der Satz aufrecht erhalten werden muß: „Die Rotationszeit des Mondes war schon gleich seiner Umlaufszeit, als er erstarrte, d. h. als diese Gleichheit schon nahe erreicht war, mußte noch eine bremsende Flutwelle möglich sein, sonst wären die beiden Zeiten nicht gleich; diese Flutwelle wurde schließlich zur stehenden, die nun bewirkt, daß die beiden Zeiten gleich bleiben müssen. Will man also die Erklärung der Mare nach Franz aufrecht erhalten, so muß angenommen werden, daß der Mond schon wesentlich erstarrt war, als seine Entfernung von der Erde noch sehr klein war, denn nur dann wäre eine größere Rotationsgeschwindigkeit und infolgedessen eine erhebliche Abplattung möglich gewesen. Diese Annahme ist vielleicht möglich, aber nicht sehr plausibel.“

„Es liegt ein gewisser Reiz darin, die Gebilde der Mondoberfläche erklären zu wollen; wohl noch jeder Mondbeobachter hat diesen Wunsch lebhaft empfunden, woraus sich auch die große Menge der Mondtheorien erklärt. Unter ihnen sind alle Arten vertreten von der naivsten Vorstellung — ich erinnere nur an die in die breiige Masse gefallenen Meteore — bis zu den interessantesten und scharfsinnigsten Hypothesen. Aber die meisten lassen einen großen Mangel erkennen, sie sind nur schön und sinnreich erdacht und stützen sich nicht auf exakte wissenschaftliche Grundlagen. Mit nur geringen Ausnahmen vermißt man überall die genügende

Berücksichtigung der Erkenntnisse der Geologie, und doch glaube ich, daß man nur auf Grund der geologischen Forschungen eine richtige Vorstellung von der Entwicklungsgeschichte des Mondes erhalten wird. Man begegnet so oft der Behauptung, daß die Oberfläche des Mondes grundverschieden von der der Erde ist. Diese These ist dem Augenscheine nach ohne weiteres zuzugeben, und doch glaube ich, die meisten werden bei einem genauern Studium der Geologie erkennen, daß Analogien, die freilich nicht offen zutage liegen, in sehr großer Zahl vorhanden sind. Setzen wir den gemeinsamen Ursprung von Erde und Mond voraus, so ist dies ja auch nicht wunderbar, denn abgesehen von dem Massenunterschiede, aus dem alle Verschiedenheiten von Erde und Mond hervorgehen, sind die Stoffe und die treibenden Kräfte dieselben. Nehmen wir z. B. an, die Zweiteilung wäre so erfolgt, daß beide Massen gleich waren, so würden wir auch jetzt zwei Körper vor uns haben, die im Innern wie Äußern ganz ähnlich beschaffen sein würden und in demselben Stadium der Entwicklung sich befänden. Nehmen wir die Masse des Mondes nun immer kleiner und kleiner an, so wird der Unterschied in der Bildung immer kleiner werden, und doch werden gewisse Hauptgrundzüge beiden Körpern gemeinsam bleiben. Aus der Kleinheit der Masse aber folgt ein größeres Verhältnis von Oberfläche zur Masse und damit eine weit raschere Abkühlung und ein schnellerer Abschluß der Oberflächenformationen.

Wir sind auf Grund der Beobachtungen zu der Annahme berechtigt, daß der Mond ein — natürlich mutatis mutandis — organisches Leben längst hinter sich hat und einen Zustand erreicht hat, den die Erde erst in weiter Ferne erreichen wird. Denn nichts berechtigt uns zu der Annahme, der Mond habe kein Wasser und keine Atmosphäre besessen, natürlich in ganz andern Verhältnissen wie die Erde zufolge der relativen Kleinheit der Masse. Diese flüssigen Bestandteile der Oberfläche können sich längst mit den Stoffen dieser Oberfläche verbunden haben; die Zeit, die hierzu nötig ist, spielt wohl keine große Rolle im Lebensalter eines Weltkörpers. Auf der Erde haben Wasser und Atmosphärilien, da sie in viel größern Mengen vorhanden waren, durch Verbindung mit den festen Stoffen der Oberfläche eine Decke von solcher Mächtigkeit gebildet, daß von der eigentlichen Erstarrungskruste nur sehr wenig noch zutage tritt. Solche sedimentären Ablagerungen sind auf dem Monde sicher auch vorhanden, wenngleich in bedeutend geringerer Ausdehnung. Wollte ich nun diese oder jene Gebilde des Mondes als sedimentär bezeichnen, so würde ich mich gleichfalls in das Gebiet der Phantasie begeben; zu solchen Folgerungen können uns vielleicht erst viele gründliche Untersuchungen der Niveauverhältnisse des Mondes führen.

„Der Grund der vorstehenden Auseinandersetzung war: darauf hinzuweisen, daß wir nicht mit Hilfe von Hypothesen, und mögen sie

noch so interessant sein, uns der wahren Erkenntnis nähern werden, wenn diese Hypothesen sich nicht auf exakten Forschungen aufbauen. Dazu kann uns aber das Studium der Erdkruste führen, denn der Unterschied zwischen der Bildung der Erdkruste und der des Mondes ist vielmal kleiner, als der zwischen einem Experimente im Kleinen, im Laboratorium, und dem Aufbau der Mondformationen, der unter der Einwirkung von Kräften und in Zeiträumen zustande kam, von denen wir uns keine Vorstellung machen können.

Da der Mond, soweit wir jetzt wissen, keine Atmosphäre besitzt, die am Rande eine meßbare Refraktionswirkung besitzt, können wir als den Radius des mittlern Randniveaus den annehmen, der aus den Beobachtungen von Sternbedeckungen folgt. In der zweiten Abhandlung war festgesetzt worden, daß dieser Radius nach Battermann entsprechend einer Parallaxe von 57′ 2.27″ zu 15′ 32.50″ angenommen werden sollte. Der entsprechende Radius des Nautical Almanac ist 15′ 34.21″, demnach würde sich Mösting A 2.21″ über das mittlere Niveau des Randes erheben. Der mittlere Fehler dieser Größe beträgt 0.56″, es ist daher nicht ausgeschlossen, daß die Erhebung von Mösting A um 1″ geringer ist, sie kann freilich auch ebensoviel größer sein. Die Reihe von Hartwig und meine eigenen Beobachtungen befinden sich ja in diesem Punkte in guter Übereinstimmung, es wird aber trotzdem nötig sein, zur Entscheidung dieser Frage die andern Beobachtungsreihen heranzuziehen. Eine Neureduktion wäre deshalb sehr erwünscht. Nach unsern Resultaten würde Mösting A eine Höhe von etwa 4000 *m* über dem mittlern Randniveau haben; da nach der zweiten Abhandlung die Erhebung über der nähern und weitern Umgebung nur gering sein kann, muß man vorläufig eine Verlängerung des Mondes von etwa 2000 *m* annehmen.“

„Es lag,“ bemerkt Hayn weiter, „die Vermutung nahe, daß die Gebirge und Senkungen des Mondrandes jene Erscheinung verursacht hätten, aus der Hansen geschlossen hat, daß der Schwerpunkt des Mondes von der Erde 59 *km* weiter entfernt sei als sein Mittelpunkt. Daß diese Hypothese nicht richtig sein konnte, ging schon aus den Untersuchungen von Wichmann, Franz und Hartwig über die physische Libration hervor. Denn obgleich in diesen Arbeiten der Abstand von Mösting A vom Mondschwerpunkte nicht bestimmt worden ist, so müßte doch nach Hansen Mösting A sehr große Schwankungen zeigen, die mit den Beobachtungen nicht in Einklang zu bringen wären. Trotzdem findet man noch in neuerer Zeit hier und da eine Bemerkung, als könne die Annahme Hansens richtig sein.“

Endlich ergibt die Prüfung der Mondrandkarte durch Hayn, daß die Abweichungen von der genauen Kreisform höchst unregelmäßig sind, und eine etwaige Abplattung der Mondscheibe daraus nicht hergeleitet werden kann, dieselbe also unermeßbar klein ist.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1906. Prof. H. Kreutz hat, wie in frühern Jahren, auch für 1906 eine kritische Zusammenstellung der Kometenerscheinungen und der bezüglichen Beobachtungen veröffentlicht.[1]) Wir entnehmen derselben das Nachfolgende:

Komet 1905 c (1906 I). Derselbe wurde vor dem Perihel außer in Bamberg auch auf den Sternwarten Utrecht und Straßburg 1906 Januar 14 tief am Horizonte zum letzten Male gesehen. In der Nebelhülle von 1′ Durchmesser war eine helle, 9″ große Kernscheibe zu erkennen; auch konnte das Vorhandensein von zwei kurzen Schweifen in der hellen Dämmerung konstatiert werden. Nach dem Perihel beginnen wieder die Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel mit Februar 15 Washington. Die zu dieser Zeit schon sehr merkbare Abnahme der Helligkeit nahm rasch zu; am 22. Februar schätzte Wirtz in Straßburg den Kometen 9., am 21. März nur mehr 13. Größe. Die letzte Ortsbestimmung datiert von Washington März 22.

Duncan in Flagstaff und Barnard in Williamsbay haben vom Kometen zahlreiche photographische Aufnahmen, hauptsächlich aus der Zeit vor dem Perihel, erhalten, die insbesondere sehr interessante Einzelheiten über die Bildung des Schweifes, der auf den Platten Anfang Januar 1906 die Länge von 10° erreichte, darbieten. Auch auf der Licksternwarte ist der Komet mehrfach photographiert worden, doch sind die Platten noch nicht im Detail bearbeitet.

Aus sechs Normalörtern von 1905 Dezember 7 bis 1906 Januar 14 haben Schönberg und Büss die folgenden Elemente des Kometen abgeleitet

Zeit des Perihels	$T = 1906$ Jan. 22.39266 m. Z. B.	
Bogen vom Knoten bis zum Perihel	$\omega = 199° \; 11' \; 40.0''$	1906.0
Länge des aufsteigenden Knotens	$\Omega = \;\; 92 \;\; 5 \;\; 5.7$	1906.0
Neigung der Bahn	$i = \;\; 43 \;\; 39 \;\; 39.0$	1906.0
Periheldistanz	$q = 0.214006$.	

Komet 1906 a (1905 VI). Der Komet wurde von Brooks in Geneva N. Y. am 26. Januar 1906, 35 Tage nach dem Periheldurchgange, als runder Nebel 9. Größe von 8′ Durchmesser entdeckt. Ein schwacher Kern war vorhanden. Der Komet näherte sich, in nördlichere Deklinationen bis 85° aufsteigend, zunächst noch der Erde, so daß er bis in die dritte Februarwoche die Entdeckungshelligkeit nahe beibehielt. Sodann wurde er rasch schwächer und war Ende Februar auf die 10., Ende März auf die 13. Größe herabgesunken. Die letzte Beobachtung ist am 24. April auf der Lowellsternwarte in Flagstaff angestellt worden.

Die folgenden Elemente sind von Ebell aus den Beobachtungen 1906 Januar 27, Februar 3 und 10 abgeleitet worden:

---

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1907. p. 94.

$$\left.\begin{array}{l} T = 1905 \text{ Dez. } 22.2239 \text{ m. Z. B.} \\ \omega = \ \ 89^\circ\ 43'\ 47.3'' \\ \Omega = 286\ \ 22\ \ \ 1.7 \\ i = 126\ \ 27\ \ 33.2 \\ q = 1.2955 \end{array}\right\} 1906.0$$

K o m e t 1906 b (1905 IV), photographisch entdeckt von Kopff in Heidelberg 1906 März 3 als ein gut erkennbarer, kleiner Nebel mit scharfem Kerne und einem $^1/_2{}^\circ$ langen Schweife. Visuell war die Helligkeit 11. Größe, der Kern 11.5 Größe, der Durchmesser der Nebelhülle gegen 40″, ein Schweif war mit dem Auge nicht zu erkennen. Vom 17. März bis gegen Mitte Mai ging in dem Aussehen des Kometen eine beträchtliche Veränderung vor sich. Die Beobachter an Fernrohren mittlern Ranges sahen, wie sich vom Kerne aus nach der Sonne zu eine fächerförmige Ausströmung entwickelte, eine Erscheinung, die im 40-Zöller der Yerkessternwarte von Barnard als die Bildung eines zweiten Kernes, der mit dem hellern Hauptkerne durch eine Nebelbrücke verbunden war, erkannt wurde. Die Entfernung beider Kerne maß Barnard am 24. März zu 4.7″, am 31. März zu 5.7″; etwaige spätere Messungen sind noch nicht bekannt gegeben. Nach Mitte Mai zeigte sich der Komet im Straßburger Refraktor wieder, wie früher, rundlich mit zentralem Kerne.

Da das Perihel bei der Entdeckung schon seit fünf Monaten verflossen war, war die Helligkeit in steter, wenn auch langsamer Abnahme begriffen. Wirtz in Straßburg schätzte den Kometen Mai 10 nur noch zur 12.5, Juni 12 zu 13.5 Größe, die letzte Beobachtung erfolgte Juni 22 auf der Lickssternwarte.

Nach einer Ephemeride von Ebell hat nachträglich Wolf in Heidelberg den Kometen auf einer Platte 1905 Januar 14, also 413 Tage vor der Entdeckung, als ein Objekt 12. Größe aufgefunden. E. Weiß hat die Sternwarten aufgefordert, auch noch in den nächsten Monaten, Februar bis April 1907, nach dem Kometen zu suchen. Leider wird die südliche Deklination, —21°, etwaige photographische Aufnahmen, wenigstens in Europa, sehr erschweren.

Aus den Beobachtungen 1905 Januar 14, 1906 März 16, April 14 und Mai 27 hat E. Weiß die folgende Parabel gerechnet:

$$\left.\begin{array}{l} T = 1905 \text{ Okt. } 18.0347 \text{ m. Z. B.} \\ \omega = 158^\circ\ 39'\ 56.1'' \\ \Omega = 342\ \ 18\ \ \ 2.8 \\ i = \ \ \ 4\ \ 16\ \ \ 9.7 \\ q = 3.3385. \end{array}\right\} 1907.0$$

Der Komet hat hiernach eine Periheldistanz, die nur von der des Kometen 1729 (mit 4.0) übertroffen wird. Eine Periheldistanz über 2.5 haben bis jetzt überhaupt nur vier Kometen, außer den beiden genannten noch 1904 I mit q = 2.7 und 1903 II mit q = 2.8.

K o m e t 1906 c (1906 II), entdeckt März 18 von Roß in Melbourne am Abendhimmel als kreisförmiger Nebel 8. Größe von 3′ Durchmesser mit zentraler Verdichtung. Der Komet ging nach

Norden und passierte Ende März den Äquator; die ungünstige Stellung aber zur Sonne in Verbindung mit der durch die Zunahme der Entfernung von Erde und Sonne bedingten raschen Abnahme der Helligkeit gestatteten es nicht, den Kometen über April 3 hinaus zu verfolgen. Die letztern Beobachtungen sind an diesem Tage in Washington und Mt. Hamilton angestellt worden.

Miss Lamson hat aus März 19, 23 und April 2 die folgenden Elemente abgeleitet:

$$T = 1906 \text{ Feb. } 20.97047 \text{ m. Z. B.}$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 276^\circ\ 27'\ \ 7.1'' \\ \Omega &= \ \ 72\ \ \ \ 2\ \ 28.1 \\ i &= \ \ 83\ \ 27\ \ 32.1 \end{aligned}\right\} 1906.0$$
$$q = 0.72291.$$

Finlayscher Komet 1906d (1906...). Für die vorjährige sehr günstige Erscheinung des Finlayschen Kometen — der Komet näherte sich der Erde bis auf 0.27 und erreichte das 26-fache der Helligkeit zur Zeit der Entdeckung im Jahre 1886 — hatte Schulhof eine Vorausberechnung geliefert.

Nach der Schulhofschen Ephemeride wurde der Komet photographisch am 16. und nachträglich noch auf einer Platte vom 14. Juli 1906 von Kopff in Heidelberg in ziemlich beträchtlicher Entfernung von dem berechneten Orte, die weit über die geschätzte Unsicherheit hinausging, aufgefunden. Das Perihel fand 1.05 Tage später statt, als erwartet worden war, und es ist dem Berechner zunächst nicht möglich gewesen, einen Grund für diese Abweichung anzugeben. Eine oberflächliche Revision der Störungsrechnung hat keine wesentlichen Fehler ergeben, und es hat daher fast den Anschein, als ob irgend eine Unregelmäßigkeit im Laufe des Kometen stattgefunden hätte.

In seiner Helligkeit hat der Komet den Erwartungen entsprochen, die man an die günstige Opposition stellen durfte. Anfangs 9. Größe, nahm er Mitte August an Helligkeit zu, ohne aber jemals dem bloßen Auge sichtbar zu werden. Nach dieser Zeit zeigte sich eine langsame, stetige Abnahme, die nicht erlaubte, den Kometen in mittlern Fernrohren über Mitte November hinaus, als er die 13. Größenklasse erreicht hatte, zu verfolgen. Wie weit die Sichtbarkeit in großen Fernrohren sich erstreckt hat, ist zurzeit noch nicht bekannt geworden. Nach Analogie der Helligkeit in der ersten Erscheinung 1886 bis 1887 sollte man glauben, daß noch bis Ende März 1907 Beobachtungen möglich sein würden.

Was das Aussehen betrifft, so ist der Komet bis Ende August ein verwaschener runder Nebel von 12′ Durchmesser mit einer schwach angedeuteten, kernartigen Verdichtung gewesen; ein Schweif war nicht zu erkennen.

Komet 1906e (1906...) (Kopff), photographisch aufgefunden von Kopff in Heidelberg am 22. August. Später fand ihn der Ent-

decker auch noch auf einer Platte vom 20. August. Anfangs glich der Komet einem runden Nebel 11. bis 12. Größe mit einem Durchmesser von $1^1/_2'$ und einem Kernchen 13. Größe. Die Helligkeit nahm aber ziemlich rasch ab, so daß die Beobachtungen in mittlern Fernrohren schon mit Oktober 22 Straßburg — Wirtz schätzte die Helligkeit an diesem Tage zu 13.5 Größe — ihr Ende gefunden haben. Spätere visuelle Beobachtungen mit großen Refraktoren sind bisher nicht bekannt geworden; es ist aber bemerkenswert und zeugt für die große Lichtkraft des neuen 28-zolligen Reflektors auf dem Königstuhl, daß Wolf mit diesem Instrumente den Kometen noch am 15. und 16. Dezember 1906 als Objekt 16. Größe photographieren konnte.

Aus 1906 August 23, 31 und September 12 hat Ebell die elliptischen Bahnelemente abgeleitet (wonach die Umlaufszeit 6.62 Jahre beträgt).

Ferner liegen noch Elemente von Crawford und Champreux vor, die aus fast gleicher Zwischenzeit eine Umlaufszeit von 6.67 Jahren ergeben. Der Komet ist hiernach als ein weiteres Glied der Klasse der periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit zu betrachten.

Holmesscher Komet 1906 f (1906 III). Die Vorausberechnung der vorjährigen Erscheinung des Holmesschen Kometen ergab als Zeit des Periheldurchganges März 14. 22 B.

Der Komet wurde auf Grund der Vorausberechnung von Zwiers 1906 August 28 von Wolf in Heidelberg photographisch als ein Objekt 15. bis 16. Größe aufgefunden. Der Fehler der Ephemeride betrug nur $+6.9^s$ $+27''$, entsprechend einer Korrektion der Perihelzeit von —0.09 Tagen. Die auf zwei Erscheinungen gegründete Vorausberechnung hat sich also als außerordentlich exakt erwiesen. Wolf hat den Kometen außer am Entdeckungstage noch dreimal aufgenommen, September 25, Oktober 10 und Dezember 7. Der theoretischen Helligkeit entsprechend, war er an den beiden ersten genannten Tagen etwas heller als am 28. August, nämlich 15. Größe, während er Dezember 7 wieder zur 16. Größenklasse hinabgesunken war. Außer diesen vier Aufnahmen sind keine Beobachtungen bekannt geworden. In Straßburg war der Komet zur Zeit der größten theoretischen Helligkeit, Oktober 22, unsichtbar; Mitteilungen, ob dies auch in den großen Refraktoren der Fall gewesen ist, liegen zurzeit noch nicht vor. Der Komet war theoretisch ein wenig heller als zu der Zeit, wo ihn Perrine 1899 auf der Lickternwarte auffand; wenn er also tatsächlich diesmal auch in den großen Fernrohren nicht sichtbar gewesen sein sollte, würde dies auf eine weitere beträchtliche Schwächung des Eigenlichtes des Kometen hindeuten.

Komet 1906 g (1906...), entdeckt von H. Thiele in Kopenhagen 1906 November 10 in 9^h und $+12°$. Der Komet war ein runder Nebel 8. bis 9. Größe, von 4′ Durchmesser mit einer Verdichtung 10. Größe in der Mitte. Da das Perihel am 21., und die größte Erd-

nähe erst am 28. November stattfand, nahm der Komet zunächst noch an Helligkeit zu; am 17. November wurde er von Nijland im Opernglase zu 7.7m geschätzt. Von Mitte Dezember an beginnt eine ziemlich rasche Lichtabnahme.

Dybeck hat aus November 19, Dezember 17 und Januar 14 die folgende Parabel gerechnet:

$$\begin{aligned} T &= 1906 \text{ Nov. } 21.33709 \text{ m. Z. B.} \\ \omega &= 8^\circ\ 42'\ 44.0'' \\ \Omega &= 84\ \ 56\ \ 20.8 \\ i &= 56\ \ 33\ \ 39.0 \\ q &= 1.2145. \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix}\\ \\ \\ \end{matrix}\right\} 1907.0$$

Die Elemente lassen im mittlern Orte einen ziemlich beträchtlichen Fehler übrig, und es kann zurzeit noch nicht gesagt werden, ob dieser von einer Ungenauigkeit in den Beobachtungen oder von der Abweichung der Bahn von einer Parabel herrührt.

Komet 1906 h (1906...) (Metcalf), entdeckt photographisch von Metcalf in Taunton, Mass., am 14. November 1906. Der Komet war anfangs ein runder Nebel 11. bis 12. Größe von ca. 2′ Durchmesser mit einer deutlichen Verdichtung in der Mitte, nahm dann aber zufolge der zunehmenden Entfernung von Erde und Sonne rasch an Helligkeit ab, so daß er von Wirtz in Straßburg am 18. Dezember nur mehr zu 13. Größe geschätzt wurde. Weiter haben sich die Beobachtungen in Straßburg nicht erstreckt; ob der Komet an andern Sternwarten, vorzüglich an solchen mit großen Fernrohren, noch länger beobachtet ist, steht zurzeit noch nicht fest.

Am 22. November fand Esclangon in Bordeaux in einiger Entfernung vom Kometen zwei, am 23. November nicht mehr sichtbare nebelartige Objekte, die möglicherweise Begleiter des Kometen gewesen sind, aber auch, wie Esclangon selbst hervorhebt, dem vorübergehenden Eindringen von Wasser zwischen die Gläser des Objektivs ihren Ursprung verdanken können. An andern Orten ist diese Erscheinung nicht gesehen worden.

Der Komet gehört ebenso wie 1906 e zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit. Die von Crawford aus den Beobachtungen November 17, Dezember 5 und 18 abgeleiteten Elemente ergaben die Umlaufszeit zu 8.24 Jahren.

Die Bahn des Kometen 1905 IV. Hierüber hat Hofrat E. Weiß der k. k. Akademie in Wien eine Abhandlung überreicht. Er bemerkt dazu: Der am 3. Mai 1906 von Dr. A. Kopff in Heidelberg auf photographischem Wege entdeckte Komet, welcher damals bereits fünf Monate sein Perihel passiert hatte, wurde nachträglich auch auf einer Platte aufgefunden, die Prof. M. Wolf am 14. Januar 1905 aufgenommen hatte. Dieser Umstand, verbunden mit der großen Periheldistanz des Kometen, mit Ausnahme der des Kometen von 1729, der größten der bisher bekannten, läßt es nicht als ganz aussichtslos er-

scheinen, daß er, wenn er vor seiner nächsten Opposition im Mai 1907 stationär werden wird, nochmals wird gesehen werden können. Prof. Weiß berechnete daher aus der Aufnahme vom 14. Januar 1905 und drei Normalorten, die aus Beobachtungen zwischen dem 3. und 9. März, 11. und 17. April und 23. und 31. Mai gebildet wurden, die nachstehenden Bahnelemente:

Zeit des Perihels . .	(T) =	1905 Okt. 18.0347 m. B. Z.				
Perihel vom Knoten	(ω) =	158°	39′	56.1″	}	m. Äq. 1907.0
Aufsteigender Knoten	(Ω) =	342	18	2.8	}	m. Äq. 1907.0
Neigung der Bahn. .	(i) =	4	16	9.7	}	m. Äq. 1907.0
Periheldistanz. . . .	(q) =	3.3385,				

welche die vier Orte gut darstellen.

Anfang März 1906 zeigte der Komet einen sternartigen Kern 10. bis 11. Größe mit einem kurzen, etwa $^1/_2$° langen Schweif und hatte eine so große Gesamthelligkeit, daß er auch bei Vollmond beobachtet werden konnte. Ende Mai war er auf die 12. bis 13. Größe herabgesunken und auch in lichtstarken Fernrohren nur noch mit Mühe zu pointieren, wobei allerdings bemerkt werden muß, daß er nur mehr am dämmerigen Abendhimmel beobachtet werden konnte. Auf der Platte vom 14. Januar 1905 erschien er als 12. Größe.

Die vorwiegende Bahnform der Kometen. Wenn ein Komet neu aufgefunden ist und einige Tage hindurch beobachtet werden konnte, so werden die ersten Bahnberechnungen unter der Voraussetzung ausgeführt, daß dieser Komet in einer parabolischen Bahn um die Sonne läuft. Diese Voraussetzung ist zulässig, weil die elliptischen Bahnen der in solchen einhergehenden Kometen fast immer so langgestreckt sind, eine so große Exzentrizität besitzen, daß sie auf einer kleinen Strecke in der Sonnennähe sich nur sehr wenig von einer parabolischen Bahn unterscheiden, und die Berechnung einer parabolischen Bahn einfacher und für die nächsten Zwecke genügend ist. Erst wenn zahlreiche und über einen größern Bahnteil sich erstreckende Beobachtungen vorliegen, kann der Berechner dazu übergehen, zu erforschen, ob dieser Bahnteil wirklich parabolisch ist oder nicht vielmehr einer Ellipse angehört, und er kann im letzten Falle deren Exzentrizität berechnen. Professor A. O. Leuschner hat nun eine Untersuchung darüber angestellt, wie sich vor und nach 1755 die Anzahl der Kometenbahnen, für die eine bestimmte Exzentrizität in Teilen der halben großen Achse berechnet wurde, zu derjenigen verhält, bei denen die Berechner bei einer Parabel stehen blieben.[1])

Bei einer endgültigen Berechnung einer Kometenbahn, sagt er, ergibt sich in manchen Fällen, daß eine sehr langgestreckte, große Ellipse (mit entsprechend großer Umlaufszeit des Kometen) den

[1]) Publ. Astr. Society of the Pacific. Nr. 113.

Beobachtungen ebenso gut entspricht, als eine Parabel. Gewöhnlich wird dann aber die elliptische Bahn zurückgestellt mit der Bemerkung, es sei kein Grund vorhanden anzunehmen, der Komet bewege sich nicht in einer Parabel. Es würde aber, sagt Leuschner, richtig sein, in solchen Fällen zu sagen, es sei kein Grund zu der Annahme, der Komet bewege sich in einer parabolischen Bahn.

Prof. Leuschner hat die vorhandenen Kometenverzeichnisse unter dem Gesichtspunkte der Genauigkeit des Beobachtungsmaterials, auf Grund dessen die Bahnberechnungen ausgeführt worden sind, untersucht. Kometen von kurzer Umlaufszeit, die also mehrfach wiedergekehrt sind, wurden nur einmal gezählt und hyperbolische Bahnen ausgeschlossen. Da man im allgemeinen annehmen muß, daß die Beobachtungen aus älterer Zeit, etwa vor 1755, weniger genau sind als die neuern und neuesten, so hat Leuschner die Kometen, deren Bahnen berechnet sind, in drei Gruppen geteilt, nämlich solche aus der Zeit vor bis 1755, solche aus der Periode von 1756 bis 1845 und endlich solche aus der Zeit von 1846 bis 1895. Es fand sich, daß die Berechnungen aus diesen drei Perioden folgendes ergaben:

vor bis 1755	99%	parabolische	Bahnen
1756—1845	75 „	„	„
1846—1895	54 „	„	„

Diese Zusammenstellung zeigt, daß mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen immer weniger Kometen als in parabolischen Bahnen laufend, gefunden wurden, und daß man seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts schließen kann, daß für einen neuentdeckten Kometen die Wahrscheinlichkeit, er bewege sich in einer parabolischen Bahn, nicht größer ist, als die, er laufe in einer Ellipse um die Sonne.

Noch von einem andern Gesichtspunkte aus hat Prof. Leuschner die Bahnformen der Kometen untersucht, nämlich durch Gruppierung gemäß der Dauer der Sichtbarkeit derselben. Er findet:

Sichtbarkeitsdauer				
1—99	Tage	68%	parabolische	Bahnen
100—239	„	55 „	„	„
240—511	„	13 „	„	„

Diese kleine Tabelle zeigt mit aller Deutlichkeit, daß, je länger ein Komet beobachtet worden ist, um so häufiger seine Bahnform sich als elliptisch herausgestellt hat. Es ist aber einleuchtend, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die wahre Bahnform eines Kometen um so sicherer erkannt werden kann, durch je längere Zeit er beobachtet worden ist. Es ist, bemerkt Leuschner, hiernach sehr zweifelhaft, ob überhaupt bei einem Kometen, der mehr als 240 Tage hindurch beobachtet worden ist, eine parabolische Bahn definitiv anzunehmen sein wird. Es wäre natürlich für die Untersuchung

noch besser gewesen, wenn statt der Länge der Sichtbarkeitsdauer der einzelnen Kometen, die Winkelausdehnung des Bogens ihrer Bahn um die Sonne hätte herangezogen werden können, indessen für einen rohen Überschlag ist das erste Verfahren immerhin ein genügender Ersatz.

Durch diese Untersuchung, deren Fortführung und Vertiefung Prof. Leuschner in Aussicht stellt, wird die Hypothese, daß die Kometen im allgemeinen dauernde Mitglieder unseres Sonnensystems sind, erheblich unterstützt, und es ist außerordentlich wahrscheinlich, daß fernere Untersuchungen der Kometenbahnen ergeben werden, daß die Parabel darunter nur ausnahmsweise zu finden ist.

Die wahrscheinliche Bahnform der Kometen. Prof. K. Hillebrand (Graz) hat der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien hierüber eine Abhandlung eingereicht.[1])

Er beschäftigt sich darin mit der Frage, nach welcher Seite hin der parabolische Charakter der überwiegenden Mehrzahl der Kometenbahnen zu interpretieren sei.

Man kann einerseits die Annahme interstellaren Ursprunges der Kometen machen und hat dann notwendigerweise zu untersuchen, welche Arten Kegelschnitte bei kleinen Periheldistanzen — und nur um solche kann es sich hier handeln — der Mehrzahl nach auftreten würden. Diese Seite der Frage ist bereits mehrmals untersucht worden, aber, mit einer einzigen Ausnahme, stets ohne Berücksichtigung der Eigenbewegung des Sonnensystems.

Verfasser sucht nun diesem Umstand in strengerer Weise, als es in der einzigen bisher darüber erschienenen Arbeit von Fabry geschehen ist, Rechnung zu tragen und gelangt in Übereinstimmung mit diesem zu dem Schlusse, daß die ausgesprochen hyperbolischen Bahnen in enormer Überzahl auftreten müßten.

Anderseits kann man sich die Frage vorlegen, welche Wahrscheinlichkeit besteht, stark exzentrische elliptische Kometenbahnen von Parabeln unterscheiden zu können, wenn die Apheldistanzen beträchtlich über die mit Sicherheit angebbaren Grenzen der geschlossenen Bahnen unseres Sonnensystems hinausgehen, aber immerhin noch sehr klein gegenüber den Fixsterndistanzen sind.

Hillebrand versucht zum ersten Male, auch diese zweite Seite der Frage in allgemeinerer Weise zu behandeln, und stützt sich dabei auf gewisse Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen bezüglich Kometenannäherungen, sowie auf Betrachtungen über die Abweichungen derartiger Bahnbögen von strengen Parabelbögen.

Er kommt, um die Resultate dieser Untersuchung numerisch zu illustrieren, zu dem Schlusse, daß bei Kometenbahnen, deren Apheldistanz etwa das 70-fache der Neptundistanz betragen, die

---

[1]) Bericht d. k. k. Akad. 1907. Nr. 16.

Wahrscheinlichkeit des sichern Erkennens der Abweichung von der Parabel kleiner ist als $^1/_{30}$

Aus der Zusammenstellung dieser beiden Untersuchungsresultate kann die eingangs gestellte Frage nur in dem Sinne entschieden werden, daß die Kometen tatsächlich unserm Sonnensysteme angehören, und daß trotz des scheinbar parabolischen Charakters ihr Ursprung in Regionen verlegt werden muß, deren Distanzen doch noch immer sehr klein sind im Vergleiche zu den Entfernungen der nächsten Fixsterne.

Die scheinbare Verlängerung eines Kometenschweifes beim Durchgang der Erde durch die Ebene der Kometenbahn ist von Dr. J. Holetschek untersucht worden.[1]) Derselbe hatte bei seinen Untersuchungen über die Helligkeitsgrade und Schweife der Kometen, einige Fälle gefunden (so insbesondere bei den Kometen 1618 II. 1759 I, 1769) in denen sich die wahre Schweiflänge außerordentlich groß, aber auch sehr unsicher ergibt. Jeder dieser Fälle trifft, wie ihm eine nähere Untersuchung gezeigt, in geradezu überraschender Weise mit der Zeit zusammen, in welcher die Erde nahe an der Ebene der Kometenbahn gewesen ist, und dieser Umstand gibt sofort eine Aufklärung darüber, warum der Schweif gerade bei dieser Stellung der Erde besonders lang gesehen werden kann.

„Da nach unsern Erfahrungen die Schweifteilchen viel mehr in der Bahnebene als in irgend einer andern Richtung verstreut sind — was insbesondere daraus ersehen werden kann, daß der Schweif eines Kometen bei der erwähnten Stellung der Erde niemals gekrümmt, sondern stets schmal und gerade gesehen wird, — so sind bei diesem Stande für einen Beobachter auf der Erde die Partikelchen möglichst gedrängt hintereinander auf eine verhältnismäßig schmale Zone des Himmels projiziert, ihre Helligkeiten summieren sich, und infolge der dadurch verstärkten Flächenhelligkeit des Schweifes ist uns die Möglichkeit gegeben, nicht nur den Schweif überhaupt heller, sondern auch lichtschwache Partien des Schweifes zu sehen, die bei einer andern Stellung der Erde wegen ihrer zu geringen Flächenhelligkeit unsichtbar sind; und so können wir in dieser Stellung namentlich auch die besonders lichtschwachen Partien am Ende des Schweifes wegen ihrer jetzigen Gedrängtheit mehr vereinigt und daher den Schweif länger sehen.“

Es liegt nun nahe, zu untersuchen, ob sich außer den zuerst bemerkten noch andere Kometen finden, bei denen sich der Durchgang der Erde durch die Ebene der Kometenbahn durch eine besonders große Schweiflänge verraten hat, und der Verfasser hat dementsprechend auch eine diesbezügliche Kometendurchmusterung vorgenommen, bei welcher sich ergeben hat, daß die erwähnte Ver-

---

[1]) Anz. d. k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien 1900. p. 437.

längerung eines Kometenschweifes mit Sicherheit zwar nur verhältnismäßig selten beobachtet worden ist, aber immerhin doch so häufig, daß das Phänomen jetzt noch mehr wahrscheinlich ist und auf dasselbe auch in andern Fällen mit Berechtigung aufmerksam gemacht werden darf.

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903 IV im Raume ist von A. Kopff nach einer von ihm entwickelten Methode untersucht worden.[1]) Die Bewegung, welche das Ende eines losgelösten Schweifstückes auf mehrern photographischen Aufnahmen vom 24. Juli 1903 zeigt, ist von Jaegermann unter der Voraussetzung untersucht worden, daß die Bewegung in der Ebene der Kometenbahn stattgefunden hat. Die Resultate Jaegermanns sind, soweit dies möglich war, direkt übernommen worden. Die Ergebnisse sind insofern als vorläufige zu betrachten, als die zugrunde liegende Kometenbahn die Beobachtungen ungenügend darstellt.

Aus den Rechnungen von Kopff ergibt sich, daß die Bewegung des Schweifendes nicht in der Ebene der Kometenbahn erfolgte. Da es sich bei diesen Beobachtungen nicht um ein Stück des Hauptschweifes, sondern um einen seitlich gelegenen Schweifteil handelt, so ist dieses Resultat durchaus wahrscheinlich. Die von Jaegermann gefundenen Resultate sind daher auch nur als erste Annäherung zu betrachten. Zwar wird die absolute Repulsivkraft der Sonne nur wenig geändert. Man erhält: $1 - \mu = 90.76$. Aber die Bahngeschwindigkeiten werden größer als die von Jaegermann in der Ebene der Kometenbahn hergeleiteten Werte. Man erhält für die in Rechnung gezogenen sechs Beobachtungsmomente folgende Geschwindigkeiten relativ zur Sonne:

(1)	45.69	*km* in der Sekunde
(2)	46.14	,,
(3)	47.56	,,
(4)	48.85	,,
(5)	50.76	,,
(6)	51.78	,,

Auch die Anfangsbedingungen werden wesentlich andere. Als Größe und Richtung der Geschwindigkeit relativ zur Sonne im Ausströmungsmomente erhält man für den Kometenkern:

$$\log h = 0.159336 \qquad \beta = 144^\circ\, 7'\, 39.7'',$$

für das Schweifende:

$$\log h_1 = 0.386652 \qquad \beta_1 = 136^\circ\, 42'\, 43.3''.$$

Der Winkel, den die Bahnebene des Kernes und der Schweifmaterie miteinander bilden, ist:

$$\gamma = 7^\circ\, 2'\, 53.4''.$$

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4210.

Auf einem an anderer Stelle angegebenen Wege findet Dr. Kopff hieraus für die Anfangsgeschwindigkeit der Schweifmaterie relativ zum Kometenkerne:

$$g = 1.0322 = 30.72\ km,$$

und als Richtung dieser Anfangsgeschwindigkeit:

$$G = -53^\circ\ 22'\ 26'' \qquad G' = +11^\circ\ 27'\ 6''.$$

Schließlich wurde noch die Lage des losgelösten Schweifstückes im Raume für die Aufnahme von Quénisset berechnet unter der Voraussetzung, daß dieses in derselben Ebene gelegen sei, in der sich das nachfolgende Ende bewegt hat.

Es ergab sich, daß das Schweifende „anomal" gekrümmt war, d. h. daß die konkave Seite des Schweifes vorausging. Dies ist jedoch zweifelhaft, denn es ist, wie Dr. Kopff hervorhebt, auch wahrscheinlich, daß die verschiedenen Teile des Schweifstückes ihre Bahnen in ganz verschiedenen, durch die Sonne gelegten Ebenen beschrieben.

Definitive Bahnbestimmung der Kometenschweifmaterie. Eine allgemein anwendbare Methode zur Berechnung der (gewöhnlich hyperbolischen) Bahn der vom Kerne eines Kometen ausgeströmten Materie hat R. Jaegermann gegeben.[1]) Er hat dieselbe auf die beim Kometen Swift 1892 I an den Tagen des 5. bis 10. April wahrgenommenen Bewegungen der Schweifmaterie angewandt und findet für die definitive Bahn der ganzen Ausströmungswolke eine absolute repulsive Sonnenkraft $1 - \mu = 39.2602$, während für die definitive Bahn eines speziellen Teiles dieser Wolke sich als absolute repulsive Sonnenkraft der Wert $1 - \mu = 35.1347$ ergibt. Schon Bredichin hatte beim Kometen 1893 II einen Wert der repulsiven Kraft $1 - \mu = 36$ gefunden.

Meteore.

Die Bahnen der Meteore vom 18. Januar und 29. Juni 1905. Der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien hat Prof. G. Nießl von Mayendorf (Brünn) eine Untersuchung über die Bahnen der am 18. Januar und 29. Juni 1905 an vielen Orten Österreichs und Süddeutschlands gesehenen Feuerkugeln eingereicht. Dieselbe ergab folgendes:[2])

Die über das Meteor vom 19. Januar 1905, $5^h\ 17^m$ mittlere Brünner Zeit ($4^h\ 11^m$ mittl. Greenw. Zt.) teils bei der k. k. Universitätssternwarte in Wien, teils beim Verfasser eingelangten Nachrichten stammen fast alle aus Orten in ansehnlicher Entfernung vom End-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4217.
[2]) Anz. d. k. k. Akad. in Wien 1907. p. 40.

punkt und exzentrisch im Nordwestquadranten von diesem ziemlich ungünstig verteilt. Die äußere Erscheinung, „mehrfach größer als Venus" bezeichnet und vermutlich durch Dämmerung und Mondlicht beeinträchtigt, war keine sehr bedeutende.

Soweit die Bahn sicher nachgewiesen ist, wurde das Aufleuchten 80 *km* hoch über der Gegend 2 *km* östlich von Neusiedl am See beobachtet. Von hier bewegte sich das Meteor nahezu in südöstlicher Richtung (gegen 46.2° östlich von Süd) in einer 21° gegen den Horizont geneigten Bahn zur Hemmungsstelle, 38 *km* über einem Punkte in 35° 33,2′ östl. von F. und 47° 18.3′ nördl. Breite beim Weiler Imre mjr im Bakonyerwalde.

Der Radiationspunkt wurde aus neun brauchbaren Beobachtungen in 268.8° Rektaszension und 45.8° nördl. Deklination bestimmt. Die geozentrische Geschwindigkeit ergab sich zu 48 *km* und die heliozentrische zu 51.8 *km*, entsprechend einer hyperbolischen Bahn.

Der nachgewiesene Radiant liegt jenem der Meteoriten von Mocs am 3. Februar 1882 und des Meteors vom 7. Februar 1863 nahe. Hinsichtlich des Ausgangspunktes im Weltraume zeigen sich noch weitere Übereinstimmungen innerhalb der wahrscheinlichen Fehlergrenzen.

Die am 29. Juni 1905, um $10^h\ 52^m$ mittlerer Dresdener Zeit ($9^h\ 57^m$ mittl. Greenw. Zt.) beobachtete Feuerkugel war eine sehr großartige Erscheinung, über welche zahlreiche Berichte vorliegen, von denen jedoch nur wenige zur rechnerischen Verwertung geeignet sind. Die überaus günstige Lage der Beobachtungsorte ermöglichte es indessen, auf Grundlage einer Herrn Prof. Dr. Max Toepler in Dresden gelungenen, sehr genauen Beobachtung, in Verbindung mit einigen andern minder bestimmten, die Bahnverhältnisse mit befriedigender Sicherheit abzuleiten.

Das Meteor kam fast genau aus SSE in einer nur 9° gegen den Horizont des Endpunktes geneigten Bahn. Nach der sichersten Angabe wurde es zuerst 62.7 *km* über der Gegend bei Oberdrauburg in Kärnten erblickt. Die Hemmung der planetarischen Bewegung erfolgte 37.4 *km* über 29° 58.5′ östl. von F. und 40° 5′ nördl. Breite östlich von Wasserburg am Inn in Bayern.

Nach der Schätzung in Dresden wurde diese 151 *km* lange Bahn in etwa 2.4 Sek., also mit einer geozentrischen Geschwindigkeit von 62.9 *km* zurückgelegt, welcher eine stark hyperbolische heliozentrische Geschwindigkeit von 67.8 *km* entspricht.

Die scheinbare Größe wurde an Beobachtungsorten in der Nähe des Endpunktes mit jener der Mondscheibe verglichen. Aus Hausham bei Schliersee, in ungefähr 62 *km* Entfernung von der Hemmungsstelle, wurde über Detonationen berichtet, ähnlich zweien in größerer Entfernung rasch nacheinander abgegebenen Kanonenschüssen.

Der scheinbare Radiationspunkt ergab sich in 283° Rektaszension und 30° südlicher Deklination, und es besteht große Wahrscheinlichkeit, daß diese Feuerkugel gemeinsamen kosmischen Ursprung mit den Sternschnuppen der von Schmidt aus Athener Beobachtungen abgeleiteten Radianten in $\alpha = 283° \ \delta = -27°$ (für Juli 20 bis 31) und $\alpha = 286° \ \delta = -26°$ (für August 3 bis 31) besitzt.

Der Meteorit von Cañon Diablo. Im mittlern Arizona nahe bei Cañon Diablo fanden 1886 Hirten Eisenstücke, die sich als Meteoreisen erwiesen, welches mikroskopisch kleine Diamanten enthält. Im ganzen wurden nach und nach fast 300 Zentner dieses meteorischen Eisens gefunden, darunter Bruchstücke von 6 bis 9 Zentnern an Gewicht. Ungefähr 4 *km* von dieser Gegend entfernt liegt ein 50 *m* hoher Hügel, der einen Krater zeigt, welcher etwa 180 *m* tief ist, dessen Boden also 130 *m* unter die umgebende Oberfläche hinabreicht. Der Durchmesser des Kraters beträgt 1200 *m*. Rings um diesen Krater finden sich bis zu Entfernungen von 5 *km* Sandsteinblöcke, und zwar die größten in der unmittelbaren Umgebung des Kraters, kleinere in größern Entfernungen. Zur Erklärung dieses Vorkommens hat G. Karl Gilbert 1891 die Hypothese aufgestellt, daß ein Eisenmeteorit von vielleicht 500 *m* Durchmesser vorzeiten an dem Orte des Hügels zur Erde gefallen sei und beim Auffallen die Kratervertiefung erzeugt habe. Später kam Gilbert von seiner Hypothese zurück und erklärte in Übereinstimmung mit William D. Johnson die Bildung des Kraters durch eine Dampfexplosion. Später haben D. M. Barringer und B. G. Tilghman weitere Untersuchungen an dem Hügel ausgeführt und sind dadurch wieder auf die ursprüngliche Gilbertsche Hypothese zurückgeführt worden. Sie kommen zu dem Schlusse, daß der Krater durch den Herabsturz eines ungeheuern Meteoriten entstanden sein müsse. Nach ihnen ist das Problem jetzt durch L. Fletcher zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht worden, und er kommt zu dem Ergebnisse, die Möglichkeit der Kraterbildung durch Herabsturz eines Meteoriten sei theoretisch nicht zu bestreiten.[1])

Gestalt und Oberfläche der Meteoriten besprach Prof. Berwerth auf der Versammlung der deutschen Naturforscher 1907 in Dresden. Nach ihm erweisen sich diese alle als Bruchstücke, was schon vor 100 Jahren erkannt wurde. Trotzdem ist immer nach einer Grundform gesucht worden. Czermak hat am entschiedensten betont, daß die äußere Form eine zufällige, keine gesetzmäßige ist. Die wahre Gestalt der Meteoriten hat noch niemand gesehen, immer ist sie, wenn wir sie zu Gesicht bekommen, durch Abschmelzung gemodelt. Die starke Hitze von etwa 1600°, welche die Meteoriten

---

[1]) Nature 1906. p. 490.

bei ihrem Fluge durchmachen, überzieht sie mit der bekannten Schmelzrinde. Obwohl jeder Meteorit unter den gleichen Verhältnissen zur Erde fällt, kommen sie dennoch in sehr verschiedener Form an. Der Gegensatz zwischen der mitgebrachten Kälte des Weltraumes und der Erhitzung der äußern Schichten erzeugt Sprengungen, die natürlich je nach der Art der Zusammensetzung des Meteoriten ganz verschieden werden. Während durch Abschmelzung runde Kanten entstehen, bilden sich durch Absprengung scharfe und eckige. In dem Zersprengungsvorgange kann man auch die Ursache erblicken, daß keine hausgroßen Meteoriten zu uns kommen, sondern nur verhältnismäßig kleine. Die größten unter ihnen sind die Eisenmeteorite, die schon durch ihre Zusammensetzung nicht in gleichem Maße wie die andern der Zersplitterung unterliegen.

Meteoreisen und Stahl. Auf der Versammlung des Iron and Steel Institut zu Wien am 24. September 1907 hielt Prof. F. Berwerth (Wien) hierüber einen bemerkenswerten Vortrag. Nach den neuesten Untersuchungen des Meteoreisens kann dieses in die Kategorie des Stahles eingereiht werden; der Hauptunterschied besteht darin, daß die künstlich hergestellten Stahlsorten in der Hauptsache Eisenkohlenstofflegierungen sind, das Meteoreisen dagegen eine Eisennickellegierung mit meteoritischem Kohlenstoffe ist. Während man die Kohlenstoffstähle gemäß ihrer außerordentlich großen technischen Bedeutung sehr eingehend studiert hat, hat man dem Nickelstahl, der aber gerade für den Meteoritenforscher von Wichtigkeit ist, erst in jüngster Zeit seitens der Hüttenleute mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Aber auch gewisse Untersuchungen an gewöhnlichem Stahle sind für die Meteoritenforschung von großer Bedeutung. Hierzu gehören die Arbeiten von Prof. Arnold und Mc Williams, welche gezeigt haben, daß in Stahl mit 0.39% Kohlenstoff die bekannten Widmanstättenschen Figuren, die früher als wesentliche Charaktereigenschaft des meteorischen Ursprunges gegolten haben, durch Abwechslung von Ferrit und Perlit gebildet werden können, und daß dieselben verschwinden, wenn das Metall bis auf 950° erhitzt und langsam abgekühlt wird. Es ergibt sich somit eine vollständige Übereinstimmung in der Struktur mit dem oktaedrischen Meteoreisen, dessen Verhalten beim starken Erhitzen Prof. Berwerth schon vor der Publikation der oben genannten Arbeit von Arnold und Mc Williams untersucht hatte. In einem andern Falle haben Osmond und Cartaud bei ihren Untersuchungen der Meteoreisen von La Caille und Timbuktu gefunden, daß sich für das Verhalten der Meteoreisen ein Diagramm konstruieren läßt, das demjenigen ähnlich ist, welches durch Erhitzen von künstlichen Nickellegierungen erhalten wird, allerdings mit dem Unterschiede, daß die unendlich langsamere Abkühlung des erstern, die unter terrestrischen Bedingungen nicht nachgeahmt werden kann, vollkommene Stabilität

bei den natürlichen Nickellegierungen erzeugt hat, während die künstlich hergestellten nur als metastabil betrachtet werden können. Osmond hatte schon früher gezeigt, daß bei langsamer Abkühlung Eisen von oktaedrischer Struktur gebildet wird, wo der Perlit die Zwischenräume zwischen den Ferritblättchen ausfüllt, sowie der Plessit zwischen den Kamazitstreifen im Meteoreisen auftritt, ferner daß Martensit ein oktaedrisches Gefüge im Perlit zeigt, das dem des Plessits im Meteoreisen sehr ähnlich ist. Nach allem ist zu hoffen, daß es durch geeignete Wahl und Behandlung des Materials gelingen werde, die Struktur des Meteoreisens auch bei den aus dem Stahlschmelztiegel gewonnenen Produkten zu erzielen. Die Vereinigung von größerer Härte mit außerordentlicher Zähigkeit, welche das Zerschneiden des Meteoreisens sehr erschwert, ist in der Hauptsache auf sein netzförmiges Gefüge zurückzuführen; könnte man auch bei dem künstlichen Nickelstahle dieses Gefüge nachahmen, so wäre ein Mittel gegeben, die Festigkeit und Dauerhaftigkeit dieses Materials zu erhöhen. Schon zu Zeiten, wo man noch nichts von dem Gefüge des Stahles wußte, bildete ein bestimmtes Meteoreisen, nämlich jenes von Solo in Zentraljava, den Ausgangspunkt für die Herstellung eines Spezialstahles für Damaszener Klingen. Prof. Berwerth besprach auch die bekannte Wiener Meteoritensammlung, die schon für die Forschungen von Chladni, Haidinger, Reichenbach, Tschermak, Cohen und Brezina das Material geliefert hat. Zurzeit sind Meteoriten von 615 verschiedenen Orten in der Wiener Sammlung vereinigt, und zwar in 2075 Stücken, deren Gesamtgewicht 3 463 299 *g* (fast $3^1/_2$ *t*) beträgt. Darunter befinden sich 232 Eisenmeteoriten im Gewicht von 2 677 899 *g*. Die wichtigsten Bestandteile des Meteoreisens sind: 1. Kamazit, 2. Tänit, 3. Plessit, 4. Cohenit (Fe_3C oder Zementit), 5. Schreibersit (Nickeleisenphosphid), 6. Troilit (FeS), 7. Diamant, 8. Cliftonit (Graphit nach Diamant), 9. Graphit oder amorpher Kohlenstoff, 10. Daubreelit ($FeSCr_3S_2$), 11. Cristobalit (kubische Kieselsäure), 12. Olivin, 13. Enstatit, 14. Bronzit, 15. Diopsid und 16. Weinbergerit (NaAlSi + $FeSiO_3$).[1])

Fixsterne.

Abgekürzte Bezeichnungen für Sternkataloge. Einer Anregung von Prof. Kreutz nachkommend, hat Prof. A. Auwers kurze Bezeichnungen für die wichtigern und häufiger zitierten Sternkataloge gegeben und zusammengestellt. Diese Abkürzungen werden in der von der Berliner Akademie der Wissenschaften ins Leben gerufenen sogenannten „Geschichte des Fixsternhimmels“ durchgängig angewandt. Über die Grundsätze der Benennungen verbreitet sich

[1]) Chemiker Ztg., Cöthen 1907. Nr. 83.

Prof. Auwers ausführlich[1]), worauf hier verwiesen werden muß. In folgendem ist dagegen ausführlich mitgeteilt die

Liste der Kataloge und ihre Bezeichnungen.

Flamsteed	1690	B Fl	Ausgabe von Baily.
Bradley	1745	Br I	Katalog von etwa 4500 Sternen nach den Beobachtungen 1743 bis 1750 (in Bearbeit.).
Lacaille	1750	Lac F	Katalog von 398 Hauptsternen, Bailys Ausgabe mem. R. A. S. V.
,,	1750	Lac Pow	Hauptsterne, Reduktion von Powalky Rep. Coast Survey 1882.
,,	1750	Lac D	Hauptsterne, Reduktion von Dowing, Mo. Not. vol. 48.
,,	1750	C A	Lacailles Katalog von 1942 Sternen aus den Kapzonen im Coelum Australe Stelliferum.
,,	1750	Lac	Hendersons Katalog nach den Kapzonen.
Bradley	1755	Br	Neue Bearbeitung (Bessels Katalog: Fund).
,,	1755	Br S	Deklinationen nach Sektorbeobachtungen von Bradley und Maskelyne 1727 bis 1786, „Neue Bearbeitung", Bd. I, S. 414 bis 420.
Tob. Mayer	1755	T M	Neue Bearbeitung (Mayers eigener Katalog für 1756: M).
Lacaille	1765	Lac Zod	Katalog von 515 Zodiakalsternen, Eph. Mouv. cél. T. VI.
Greenwich	1770	Mask H	Hertzsprungs Reduktion der teleskopischen 1765 bis 1787 beobachteten Sterne.
Lalande	1790	Fed	Fedorenkos Katalog nach den nördlichen Zonen, Mém. Par. 1789, 1790.
D'Agelet	1800	D'Ag	Goulds Bearbeitung der Beobachtungen 1783 bis 1785.
Zach	1800	Zach	Katalog von 381 Hauptsternen.
,,	1800	Zach Z	Katalog von 1830 Zodiakalsternen (Deklinationen von Barry).
Lalande	1800	H C	Zonen der Histoire Céleste.
,,	1800	Lal	Bailys Katalog.
,,	1800	L BO	Bosserts Supplément à l'Hist. Cél. und Katalog von 3950 Sternen.
Piazzi	1800	Pi	Zweite Katalogausgabe, 1814.
Barry	1805	Ba V	Valentiners Bearbeitung der Beobachtungen am Passageninstrument 1805.
Groombridge	1810	Grb	Neue Bearbeitung von Thackeray.
Struve	1815	Str I	Struves Kataloge, Obs. Dorpat., Vol. I[1].
,,	1814	Str II	
Pond	1815	Po A	Katalog von 570 Sternen nach Beobachtungen 1811 bis 1819, Abh. Berl. Ak. 1901.
Bessel	1815	Be C	Cohns Katalog nach den Beobachtungen 1813 bis 1819.
Kmeth	1819	Km	Ofener Rektaszensionen von 147 Sternen.
Cacciatore	1820	Cacc	Auszug aus einem Nachtrage zur Storia celeste, R. Oss. di Palermo Libro IX.
Fallows	1824	Fa	273 Hauptsterne, Phil. Trans. 1824.
Paramatta	1825	Brb	Brisbane Catalogue.
Bessel	1825	BZ	Bessels Zonen.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4176.

Bessel	1825	W	Weißes erster Katalog, Bessels Zonen +15° bis —15°.
,,	1825	W_2	Weißes zweiter Katalog, Bessels Zonen +15 bis +45°.
Anger	1825	KZA	Königsberger Zonen von Anger, Katalog. Abh. Berl. Akad. 1903.
Rümker	1827	Rü P	„Preliminary Catalogue", nach Beobachtungen in Paramatta 1826 bis 1828.
Schwerd	1828	Schw	Oeltzens Katalog, Denkschr. Wien. Akad. 1856.
Argelander	1830	C Ab	Aboer Katalog.
Struve	1830	Str PM	Positiones mediae; meist wird die kürzere Bezeichnung PM genügen.
Pond	1830	Po 720	Katalog von 720 Sternen im Anhange zu Greenw. Obs. 1829.
,,	1830	Po	Catalogue of 1112 stars.
Fallows	1830	Fa_2	Airys Katalog nach den Kapbeobachtungen 1829 bis 1831, Mem. R. A. S., vol. XIX.
Johnson	1830	J SH	Katalog von St. Helena.
Airy	1830	Ca_1	First Cambridge Catalogue, Mem. R. A. S., XI.
Wrottesley	1830	Wro	Katalog von 1318 Sternen, Mem. R. A. S., X.
,,	1830	Wro S	Supplement zum vorigen, Mem. R. A. S.,XII.
Pearson	1830	Pea	Katalog von 520 Ekliptikalsternen, Mem. R. A. S., XV.
Henderson	1833	Hen	Örter von 174 Hauptsternen nach Beob. am Kap 1832 bis 1833, Mem. R. A. S., X, XV.
Taylor	1835	Tay D	Neue Ausgabe von Downing (Taylors eigener General Catalogue: T).
Königsberg	1835	K Zod	750 Zodiakalsterne, beobachtet 1820 bis 1859. Katalog Kön. Astr. Beob. 37, II.
Montojo	1835	Mont	Katalog, Mem. R. A. S., XII.
Rümker	1836	Rü	„Mittlere Örter von 12 000 Fixsternen".
Brüssel	1838	Brü 38	Rektaszensionen von 666 Sternen, beobachtet 1837 bis 1839, Ann. Obs. Brux.,VIII
Köller	1838	Köll	Katalog Mem. R. A. S., XII.
Edinburgh	1840	Ed	Halm, Katalog nach den Beobachtungen 1834 bis 1845.
Robinson	1840	Rob	Armagh Katalog von 5345 Sternen.
Kap	1840	Cp 40	Katalog aus den Beobachtungen unter Maclears Direktion 1834 bis 1840.
Gilliss	1840	Gi W	Rektaszensionen von 1248 Sternen nach Beobachtungen in Washington 1838 bis 1842.
Santini	1840	San_1	Generalkatalog 0 bis +10°, Mem. R. A. S., XII, 6 Spezialkataloge, Nuovi Saggi Acc. Pad. V.
,,	1840	San_2	Fünf 2°-Kataloge für die Zone 0 bis —11°, Nuovi Saggi Acc. Pad. VI.
Bianchi	1840.473	Bi 40	Katalog von 220 Sternen, Mem. Soc. Ital., XXIII.
Greenwich ,,	1840 1845	} 12 y	Die zwei Abteilungen erforderlichenfalls zu unterscheiden durch Zusatz 40 oder 45.
Argelander	1842	AZ	Argelanders nördliche Zonen (+45 bis +80°)
,,	1842	AOe	Oeltzens Katalog, Ann. Sternw. Wien, III. Folge 1,2.
Oxford	1845	RC	Radcliffe Catalogue.

Pulkowa	1845	Pu_1	Hauptsterne; RA. Obs. Poulk., vol. I, Decl. Supplément à l'Introduction au vol. IV.
„	1845	Pu_1o	Gelegentlich am Passagensinstrumente oder Vertikalkreise beobachtete Sterne, RA. Obs. Poulk., vol. III, Decl. Supplém. Intr., vol. IV.
Paris	1845	Par_1	Catalogue de l'Observatoire de Paris, Örter für 1845 nach Beobachtungen 1837 bis 1853.
Taylor	1845	Tay_2	Zwei Kataloge als Anhänge zu Madras Obs. 1843 bis 1847.
Maclear	1845	Cap S	Dekl. von 105 Sternen nach Sektorbeobachtungen der Maclearschen Gradmessung.
Oudemans	1849	Ou	Deklinationen von 101 Leidener Zenitalsternen (Diss. astr. inaug.).
Wagner	1849	Do 49	Rektaszensionen von 305 Sternen nach Beobachtungen am Passageninstrumente 1849 bis 1850, Dorp. Beob., XIV. (Katalog von Dr. Ristenpart neu aufgestellt.)
Dorpat	1850	Do 50	Örter von 265 Sternen nach Beobachtungen am Meridiankreise 1847 bis 1850, in Bd. XVI der Dorpater Beob. unter d. „Grundlagen" des Mädlerschen Kataloges aufgeführt.
Greenwich	1850	6 y	Six-year Catalogue, Greenwicher Beobachtungen 1848 bis 1853.
Kap	1850	Cp 50	Schluß der Maclearschen Beobachtungen an den alten Instrumenten 1849 bis 1852.
Gilliss	1850	Gi Sj	Katalog von 1963 in Santiago 1849 bis 1852 beob. Sternen (App. I, Wash. Obs. 1868).
„	1850	GiZ	Katalog von 16 748 Sternen nach den Zonenbeobachtungen in Santiago zwischen —62° und dem Südpole (App. I, Wash. Obs. 1890).
Washington	1850	WaZ	Washingtoner Zonen, 1846 bis 1849, und unveröffentlichte Fortsetzung bis 1852.
Argelander	1850	AZ	Argelanders südliche Zonen, —15 bis —31°.
„	1850	AW	Weiß' Katalog Ann. Sternw. Wien (Währing) Suppl.-Bd. I. — Bezeichnung für den durch diese neue Bearbeitung ersetzten Oeltzenschen Katalog in Sitzber. Wiener Akad. 1857, 1858: AOe_2.
Rümker	1850	$Rü_2$	„Neue Folge der mittlern Örter", Stunden 0^h bis 6^h.
München	1850	Lam	Generalkatalog von 2112 außerhalb der Zonen 1821 bis 1868 beobachteten kleinern Sternen, Ann. Münch. Sternw., XX.
Jacob	1850	Jac	Zwei Kataloge (97 Hauptsterne, und Subsidiary Catalogue von 1440 Sternen) in Madras, Obs. 1848 bis 1852.
Genf	1850	GfW	Generalkatalog von Weiß, nach den Genfer Jahreskatalogen 1841 bis 1858 zusammengestellt (Manuskr.).
Wrottesley	1850	Wro_2	RA. von 1009 Sternen, Mem. R. A. S. XXIII.
Thompson	1850	$Durh_1$	Kataloge in den zwei Heften der Durhamer Results of Astron. Obs., 1846 bis 1848 und 1849 bis 1852.
Carrington	1850, 51	$Durh_2$	(wie oben)
Tacchini	1850	Ta H	Hagens Katalog, Publ. Washb. Obs., III, nach Tacchinis Beobachtungen in Palermo 1867 bis 1869.

Argelander	1855 / 1850 / 1855	BoVI	Drei Verzeichnisse in Band VI der Bonner Beobachtungen: Ortsbestimmungen von Argelander 1845 bis 1867 im Bereiche der Bonner Durchmusterung —2° bis +90°; von Argelander und Schmidt im Bereiche der Argelanderschen südlichen Zonen; von Argelander in der zwischenliegenden Zone —2 bis —14° 40′.
Pulkowa	1855	Pu M	Katalog von 3542 durch Beobachtungen am Meridiankreise 1840 bis 1869 an die „Pulkowaer Hauptsterne" angeschlossenen hellern Sternen (Obs. de Poulk. vol. VIII. sect. I).
„	1855	Pu M o	Katalog von 1404 gelegentlich am Mer.-Kr. mitbeob. Sternen (Obs. vol. VIII, sect. III)
„	1855	Pu M F	Dekl. der Hauptsterne nach den Meridiankreis-Beob. 1840 bis 1869 (Obs. vol. VIII append.).
„	1856	Pu 56	Rektaszensionen von 129 Zeitsternen für Chronometerexpeditionen, 1855 bis 1856 am Passageninstrumente beobachtet (Bull. Acad. St. Pét., XVII).
Drachussoff	1855	Mo Dr	Katalog von Sokoloff Ann. Obs. Mosc., vol. VI, 2.
Carrington	1855	Carr	Zirkumpolarkatalog von Redhill.
Jacob	1855	Jac_2	Katalog von 317 Sternen, beobachtet in Madras 1853 bis 1857 (Mem. R. A. S., XXVIII).
Moesta	1855	Moe	Obs. Santiago 1853 bis 1855.
„	1860	Moe_2	Obs. Santiago 1856 bis 1860.
Sydney	1859-62	Sco	Vier Jahreskataloge von Scott.
Williamstown	1860	Will	Katalog nach den Beobachtungen der nachher nach Melbourne verlegten Sternwarte.
Kap	1860	Cp 60	Maclears erste Reihe vom Meridiankreis, 1856 bis 1861.
Greenwich	1860	7 y	Seven-year Catalogue, Beobachtungen 1854 bis 1860.
Oxford	1860	RC_2	Second Radcliffe Catalogue.
Washington	1860	Ya	Dritte Ausgabe des Yarnallschen Kataloges der 1845 bis 1873 beobachteten Sterne (App. I, Wash. Obs. 1874; die ältern Ausgaben: Ya_1, Ya_2).
Moskau	1860	Mo Z	Moskauer Zonen 1858 bis 1869, I. Abt., 0 bis bis +4°, bearbeitet von Romberg und Seyboth (Mém. Ac. St. Pét. Sér. VIII, vol. I).
Göttingen	1860	Au	Rektaszensionen von 792 Sternen, beobachtet 1858 bis 1859 (Nachr. Gött. Ges. d. Wiss. 1901).
„	1860	Kli	Klinkerfues' Zonen (1858 bis 1863), bearb. von Schur.
Santini	1860	San_3	Zone —10 bis —12° 30′ (Mem. Ist. Ven. VII).
Trettenero	1860	San_4	Zone —12° 30′ bis —15° (Mem. Ist. Ven. X).
„	1860	San_5	Rev. d. Zone 0 bis —3° (Mem. Ist. Ven. XV). Letztere beiden als Fortsetzungen der Arbeit Santinis noch nach diesem Autor bezeichnet.
Capelli	1860	Ml Ca	661 Sterne der Zone —15° bis —25°, beob. in Mailand 1852 bis 1856, Eff. Mil. 1865.

Paris	1860	Par_2	Cat. de l'Obs. de Paris, Örter für 1860 aus Beobachtungen 1854 bis 1867.
Pulkowa	1862	Oom	99 Pulkowaer Zenitalsterne, im I. Vertikal beobachtet (Obs. Poulk. III).
Greenwich	1864	N 7 y	New Seven-year Catalogue, Beobachtungen 1861 bis 1867.
Pulkowa	1865	Pu_2	Hauptsterne, Obs. Poulk., vol. XII.
,,	1865	Pu_2 o	Gelegentlich mitbeobachtete Sterne, RA. Obs. Poulk., vol. XII, Decl. vol. XIV.
Quetelet	1865	Q	Brüsseler Katalog, Beobachtungen 1857 bis 1878.
Schjellerup	1865	Sj	Stjernefortegnelse —15 bis +15°.
Kap	1865	Cp 65	Beobachtungen unter Maclear 1861 bis 1870.
Safford	1865	Ca S	Rektaszensionen von 505 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll. IV, p. II.
Austin	1868	Ca Au	Rektaszensionen von 614 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll. X.
Glasgow	1870	Gl	Grants erster Katalog.
Melbourne	1870	Me_1	First Melbourne General Catalogue.
Mailand	1870	Ml SC	1119 Sterne —2 bis +6°, beobachtet 1860 bis 1872, von Schiaparelli und Celoria.
Kremsmünster	1870	Krm	Strassers Katalog von 750 Sternen.
Leipzig	1870	Lpz Gr	Gradmessungssterne, Gen.-Ber. M.-Eur. Gradm. 1871, Anh. III.
Leiden	1870	Lei Gr	Gradmessungssterne, Ann. Sternw. Leiden, II
Bonn		Bo VII_2	Bonner Beobachtungen 1867 bis 1874 (nicht katalogisiert) in Argelanders als Ms. gedruckter Fortsetzung zu Bonn. Beob., Bd. VII.
Greenwich	1872	9 y	Nine-year Catalogue, 1868 bis 1876.
Astr. Ges.	1875	AG	Katalog der Astronomischen Gesellschaft.
			In der I. Abteilung, für 1875 („AG_n" statt AG, wenn es erforderlich ist, die Abteilung zur Unterscheidung von der zweiten als die nördliche zu kennzeichnen), erhalten die einzelnen Stücke folgende Bezeichnungen:
		Kas	Stück I, Kasan, 75 bis 80°.
		Do	Zone 70 bis 75°: nur vier Jahreskataloge Dorp. Beob., Bd. XVII bis XX vorhanden.
		Chri	Stück III, Christiania, 65 bis 70°.
		Hels	,, IV, Helsingfors-Gotha, 55 bis 65°.
		Cbr M	,, V, Cambridge, U. S., 50 bis 55°.
		Bo	,, VI, Bonn, 40 bis 50°.
		Lu	,, VII, Lund, 35 bis 40°.
		Lei	,, VIII, Leiden, 30 bis 35°.
		Cbr E	,, IX, Cambridge Engl., 25 bis 30°.
		Berl B	,, X, Berlin, nördl. Abt., 20 bis 25°.
		Berl A	,, XI, Berlin, südl. Abt., 15 bis 20°.
		Lpz I	,, XII, Leipzig, nördl. Abt., 10 bis 15°.
		Lpz II	,, XIII, Leipzig, südl. Abt., 5 bis 10°.
		Alb	,, XIV, Albany, 1 bis 5°.
		Nic	,, XV, Nicolajew, —2 bis +1°.
Paris	1875	Par_3	Cat. de l'Obs. de Paris, Örter für 1875 aus Beobachtungen 1868 bis 1881.
Romberg	1875	Rbg	Pulkowaer Katalog von 5634 Sternen (Meridiankreis 1874 bis 1880).

Washington	1875	Wa_2	Second Washington Catalogue, App. I, Wash. Obs. 1892.
Madras	1875	Ma P	„New Madras General Catalogue", nach den Beobachtungen unter Pogson.
Cordoba	1875	Gou	Catalogo General Argentino.
„	1875	GZ	Goulds Zonen, Katalog Res. Obs. Nac. Arg., vol. VII, VIII.
Armagh	1875	Arm_2	Second Armagh Catalogue.
Dublin	1875	Du_4	321 rote Sterne, Astr. Obs. etc. Dunsink, part. IV.
Rogers	1875	Rog	Katalog von 1213 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll., XV.
Göttingen	1875	CB	Copeland und Börgen, Zone 0 bis —2°.
Berlin	1875	Be	Becker, 521 Bradley-Sterne (Beob.-Erg. Sternw. Berl. Heft I).
Rom, Cap.	1875	Re_1	Respighi, Dekl. von 1463 Sternen, 20 bis 64°, Mem. Acc. Linc. 1880; Nachtr. (67 St.). ib. 1885.
Wien	1875	W Pal	Katalog von 3458 Sternen aus Wiener Beobachtungen 1843 bis 1897.
Greenwich	1880	10 y	Ten-year Catalogue, Beobachtungen 1877 bis 1886.
Kap	1880	Cp 80	Stones Kapkatalog nach Beobachtungen 1871—1879.
Melbourne	1880	Me_2	Second Melbourne General Catalogue.
München	1880	$Mü_1$	„Erstes Münchener Sternverzeichnis" (nach Lamonts Zonen).
„	1880	$Mü_2$	„Zweites Münchener Sternverzeichnis" (Bauschinger).
Rom, Cap.	1880	Re_2	Respighi, Deklinationen von 1004 Sternen 0 bis 20° und 64 bis 90°, Mem. Acc. Linc. 1885.
Warschau	1880	War	Zonenkatalog —1 bis —7°.
Sydney	1880	Sy R	Russell 1877 bis 1881, Generalkatalog von Stichtenoth, Veröff. Berl. Recheninst. 20.
Rio de Janeiro	1880	RJ	Rektaszensionen von 623 Zenitalsternen, Ann. Obs. R. Jan., T. II.
de Ball	1880	Ba G	200 Zenitalsterne, beobachtet in Gotha, A. N., 2423 bis 2324.
Pulkowa	1885	Pu_3	Hauptsterne, Rektaszensionen Publ. Obs. C. Nic., vol. III, Deklinationen, vol. II.
„	1885	Pu_3 o	Gelegentlich mitbeobachtete Sterne (ebenda).
Kap	1885	Cp 85	Gills erster Katalog, Beobachtungen 1881 bis 1884 (App.: Zirkumpolarsterne 1881 bis 1888).
Porter	1885	Ci Z	Zonenkatalog, —19 bis —22°, Publ. Cinc. Obs. Nr. 9.
Wien	1885	Wi B	Bidschofs Katalog von 2417 in Wien 1881 bis 1889 beobachteten Sternen.
Dublin	1885	Du_6	1002 südliche Sterne usw. Astr. Obs. Duns. part. VI.
Gotha	1885	Go	375 Mayer-Sterne, beobachtet von Becker, reduziert von Harzer (A. N. 3035).
Berlin	1885	Kü Bl	670 Sterne, beobachtet 1885 bis 1886 (Beob.-Erg. Sternw. Berlin, Heft 2).
Straßburg	1885	$Strb_2$	Kataloge 1882 bis 1883 und 1884 bis 1888, Ann. Sternw. Straßb., Bd. II.

Hamburg	1885	Hbg L	636 Sterne, beobachtet von W. Luther, Mitt. Hamb. Sternw., Nr. 4.
Safford	1885	Sa W	The Williams College Catalogue (Rektaszensionen von 261 Zirkumpolarsternen).
Kasan	1885	Ka Zen	Deklinationen von 202 Zenitalsternen.
Loewy	1886	Loe	Rektaszensionen nach Beobachtungen bei den französischen Längenbestimmungen 1869 bis 1881.
de Ball	1887	Ba L	382 Sterne der Zone +2°, beobachtet in Lüttich (Ann. Obs. Brux., VII).
Greenwich	1890	II 10y	Second Ten-year Catalogue, Beobachtungen 1887 bis 1896.
Kap	1890	Cp 90	Gills zweiter Katalog, Beobachtungen 1885 bis 1895.
Melbourne	1890	Me_3	Third Melbourne General Catalogue (noch nicht veröffentlicht).
Glasgow	1890	Gl_2	Second Glasgow Catalogue.
Dublin	1890	Du_7	717 Sterne, Astr. Obs. Duns. part. VII.
Pulkowa	1890	Rbg_2	Katalog nach Rombergs Beobachtungen am Meridiankreise 1881 flg., bearbeitet von Seyboth (noch nicht veröffentlicht).
Karlsruhe	1890	Val	Valentiners Generalkatalog für Zone 0 bis —8°.
Ottakring	1890	Ott PB	Palisa und Bidschof, Katalog der in Bd. I und II der Ottakringer Beobachtungen vorkommenden Sterne (Denkschr. Wien. Akad. Bd. 67).
„	1890	Hz	Herz' Katalog für Zone —6 bis —10°, Abt. I Abh. Berl. Akad. 1906, Abt. II ib. 1907.
Oxford	1890	RC 90	Stones Katalog, Beobachtungen 1880 bis 1893.
Rom, Coll. R.	1890	$Mill_1$	Millosevich u. Cerulli, Zonen —21°, —22°.
Rom, Cap.	1890	LG	di Legge u. Giacomelli, RA. zu den Respighischen Dekl.-Katalogen (Mem. Acc. Linc. 1894).
Neuchâtel	1890	Hi	Hilfiker, Rektaszensionen von 273 Mondsternen.
Porter	1890	Ci_1	Erster Katalog von Sternen mit Eigenbewegung, Publ. Cincinnati Obs. Nr. 13.
Wilson	1890	Wils	644 Vergleichsterne, Carleton College (Northfield Minn.) Publ.
Porter	1895	Ci_2	Zweiter Katalog von Sternen mit Eigenbewegung, Publ. Cincinnati Obs., Nr. 14.
Rom, Coll. R.	1895	$Mill_2$	Millosevich u. Peyra, Zone —20°.
Berlin	1895	Bm_1	Battermanns Katalog von 1640 Sternen, Beob.-Erg. Sternw. Berlin, Heft 8.
Pulkowa	1895	Di S	Ditschenko-Seyboth, Katalog von 781 Zodiakalsternen, Publ. Obs. C. Nic., vol. IX.
Mt. Hamilton	1897	Tu BL	Tuckers Dekl. von 347 Polhöhensternen („Bethlehem Latitude Stars"), Publ. Lick Obs., VI.
Astr. Ges.	1900	AG	Zweite Abteilung des Kat. d. Astr. Ges., ev. als AG_s zu unterscheiden; einzelne Stücke:
		Strb	Straßburg, Zone —2 bis —6°.
		Ott	Ottakring, Zone —6 bis —10°, Katalog von de Ball.

Astr. Ges.		Cbr M	Cambridge, U. S., Zone —10 bis —14° (noch nicht erschienen).
		Wa	Washington, Zone —14 bis —18° (noch nicht erschienen).
		Alg	Zone —18 bis —23°, beobachtet in Algier (fehlt noch).
Berlin	1900	Bm_2	Battermanns Katalog von 560 Sternen, Beob.-Erg. Sternw. Berlin Heft 10.
Toulouse	1900	Tou_1	Premier Catalogue de Toulouse.
Rom, Cap.	1900	LG_2	di Legge u. Giacomelli, Deklinationen von 1419 Sternen, beobachtet 1895 bis 1899.
Oxford	1900	RC 00	Rambauts Katalog, Beobachtungen 1894 bis 1903.
Dublin	1900	Du_8	1101 Sterne, Astr. Obs. Duns., part. VIII.
„	1900	Du_9	321 Sterne, Astr. Obs. Duns., part. IX.
Bonn	1900	Wz	Wirtz, Deklinationen von 487 Zenitalsternen (Veröff. Sternw. Bonn Nr. 3).
Hamburg	1900	Hbg	Schorr u. Scheller, Zone +80° (Mitt. Hamb. Sternw., Nr. 6).
Kap	1900	Cp AS	Catalogue of 8560 Astrographic Standard Stars (—40 bis —52°).
„	1900	Cp 00	Gills letzter Gesamtkatalog, Beobachtungen 1900 bis 1904.
Hongkong	1900	Dob	Doberck, Rektaszensionen von 2120 südlichen Sternen, beobachtet 1898 bis 1904.
Mt. Hamilton	1900	Tu Pi	Piazzis südliche Sterne, von Tucker 1898 bis 1900 beobachtet (Publ. Lick. Obs. VI).
Cincinnati	1900	Ci_3	Piazzis nördliche Sterne, Publ. Cincinnati Obs. Nr. 15.
Bonn	1900	Mö P	Mönnichmeyer, Internationale Polhöhensterne (Veröff. Sternw. Bonn, Nr. 7).
Greenwich	1900	$9\,y_2$	Second Nine-year Catalogue.

Bezeichnungen für Sterne der „Durchmusterungen".

Bonner Durchmusterung, Katalog für 1855	Argelander —2 bis +90°; Schönfeld —2 bis —23°	BD	mit Grad u. Nummer in der Gradzone
Cordoba Durchmusterung, Katalog für 1875, — 22 bis — 52°		CoD	mit Grad u. Nummer in der Gradzone
Cape Photographic Durchmusterung, Katalog für 1875, — 18 bis — 90°		CPD	mit Grad u. Nummer in der Gradzone
O. Stone, Dm. der Zone — 23°, Katalog für 1855 (Publ. L. McC. Obs. I.5)		Virg	m. laufend. Kat.-Nr.

Untersuchungen über Fixsternparallaxen auf dem Yale-Observatorium. Die Ergebnisse der heliometrischen Beobachtungen auf der Sternwarte der Yale-Universität, welche Prof. Dr. Elkin vor Jahren begonnen und unter Beihilfe von Dr. Chase und Mason F. Smith durchgeführt hat, sind nunmehr veröffentlicht worden.[1]) Es war anfänglich beabsichtigt, von jedem der ausgewählten Sterne nur drei oder vier Messungen in den geeignetsten Zeiten auszuführen und die Sterne, welche Parallaxen erkennen ließen, dann häufiger zu beobachten. Indessen ist man später von diesem Grundsatze

[1]) Transactions of the Yale-University 2. Part I: Parallax Investigations of One Hundred and Sixty-three Stars mainly of large Proper Motion.

abgegangen und hat die Messungen über zwei weitere Epochen ausgedehnt, hauptsächlich um die Wirkungen der Eigenbewegung und systematische Beobachtungsfehler besser zu eliminieren. Es hat sich ergeben, daß die Messungen in geringem Grade von der Farbe der Sterne beeinflußt werden, indem das Licht der roten Sterne weniger gebrochen wird, als das der Vergleichsterne; indessen ist die Wirkung nicht größer als höchstens 0.03″ und liegt also innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Fehler der Parallaxenbestimmung selbst. Im ganzen fanden sich nur zwei Sterne mit Parallaxe von 0.20″ nämlich 5 Serpentis (5.1 Größe) und Lalande Nr. 46 650 (8.7 Größe), 38 zeigten Parallaxen von 0.10″. Die allgemeine Vergleichung führte zu dem Ergebnisse, daß ein deutlicher Zusammenhang zwischen Parallaxe und Eigenbewegung besteht. Sterne mit Eigenbewegungen von mehr als 1″ ergeben im allgemeinen bestimmte Werte für ihre Parallaxen. Eine Abhängigkeit der Parallaxe von der Helligkeit der Sterne tritt nicht so klar hervor, ist aber in etwas angedeutet. Unter den Fixsternen, deren Parallaxe auf dem Yale-Observatorium bestimmt wurde, befinden sich vier Doppelsterne, von denen ziemlich genau berechnete Bahnen vorliegen. Dies setzt in den Stand, die Massen und die Größenverhältnisse der Bahnen in diesen Doppelsystemen zu berechnen. Es findet sich dabei folgendes:

Stern	Scheinbare halbe große Achse der Bahn	Umlaufszeit in Jahren	Parallaxe	Masse in Teilen der Sonnenmasse	Halbe große Achse der Bahn in Teilen der halben großen Achse der Erdbahn
ζ Herculis	1.35″	34.8	0.17″	0.42	8
ξ Ursae majoris .	2.51	60.0	0.17	0.89	15
μ Herculis	1.37	45.4	0.12	0.72	11
85 Pegasi	0.78	25.7	0.10	0.72	8

Die Massen in diesen vier Doppelsystemen sind also sämtlich kleiner als die Sonnenmasse, und die Dimensionen in diesen Systemen sind vergleichbar den Bahnen des Saturn und Uranus.

Neue Bestimmungen von Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen. Diese Methode ist bekannlich von Prof. Kapteyn vorgeschlagen und durch Aufnahmen von A. Donner in Helsingfors als sehr aussichtsvoll nachgewiesen worden. Seit 1903 ist nun dieser aussichtsvolle Weg zur Ermittlung zuverlässiger Sternparallaxen auf der Sternwarte zu Cambridge (England) beschritten worden, und zwar von Arthur R. Hinks und Henry Norris Russell. Sie haben dabei an der von Prof. Kapteyn eingeführten Methode mehrere Verbesserungen angebracht. Es wurden u. a. die Aufnahmen nicht auf drei Epochen beschränkt, sondern für gewisse Sterne selbst eine vierte und fünfte Aufnahme gemacht, um möglichst sichere Kontrollen zu gewinnen; ferner wurden die Aufnahmen ausgeführt,

wenn die betreffenden Sterne nahe im Meridian standen, und für jede Epoche besondere Platten gewählt und gleich entwickelt. Welche weitern Vorsichtsmaßregeln angewandt wurden, um konstante und zufällige Fehler bei der Aufnahme auszuschalten, haben die beiden Beobachter in ihrer ersten Abhandlung ausführlich dargelegt.[1])

Was die Grundsätze anbelangt, welche bei Auswahl der zu untersuchenden Sterne maßgebend sein sollten, so unterschieden die Beobachter in dieser Beziehung zwei Klassen von Sternen: solche, bei denen Versuche zur Parallaxenbestimmung mit einigem Erfolge bereits gemacht worden sind, sichtbare Doppelsterne, veränderliche Sterne, Sterne mit gemeinsamer Eigenbewegung. Zweitens solche, von denen man vermuten darf, daß sie eine größere Parallaxe zeigen, als die meisten andern, nämlich helle Sterne und vor allem solche von starker Eigenbewegung. Natürlich werden im einzelnen die Ansichten sehr verschieden sein, besonders über die zu berücksichtigenden Sterne der erstbezeichneten Klasse, weniger über die der andern. Nach Ansicht der beiden Astronomen dürfte zunächst eine Auswahl von etwa 40 Sternen ausreichen, um für einen Beobachter ein volles Arbeitspensum zu schaffen. Sie sind ferner der Meinung, daß die Astronomen, welche sich mit Parallaxenbestimmung beschäftigen, sich auf eine Auswahl bestimmter Sterne vereinigen sollten (ähnlich wie die Spektroskopiker, welche Geschwindigkeitsmessungen der Sterne anstellen). Nur durch eine solche Kooperation wird man zu sichern Ergebnissen über die absolute Genauigkeit der erhaltenen Werte für die Parallaxen gelangen. Inzwischen haben Hinks und Russell eine Liste von Sternen zusammengestellt, welche sie zu Beobachtungen behufs Parallaxenmessung am geeignetsten halten, selbst bearbeiten werden und ebenfalls andern Astronomen vorschlagen.

Diese Liste ist nachstehend im wesentlichen wiedergegeben. Sie enthält die Namen der Sterne, Rektaszension und Deklination für 1900.0, die Helligkeit in Sterngrößen, die Eigenbewegung in Bogensekunden und Bemerkungen zu einzelnen Sternen bezüglich der von andern Beobachtern gefundenen Parallaxen, über Duplizität, Veränderlichkeit usw.

Name	Position 1900.0		Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
	AR	D			
β Cassiopejae . . .	0h 3.8m	+58° 36′	2.42	0.55″	0.16″ Pritchard; 0.10″ Flint.
Groombridge 34 .	0 12.6	+43 27	7.9	2.80	0.29″ Auwers; 0.31″ Flint.
η Cassiopejae . . .	0 42.9	+57 18	3.64	1.20	0.18″ Peter; 0.44″ Davis; 0.34″ Flint. Doppelstern.
Mayer 20	0 43.1	+ 4 46	5.7	1.37	0.16″ und 0.12″ Flint.

[1]) Monthly Notices Astr. Soc. 1905. p. 775.

Name	Position 1900.0 R. A.	Position 1900.0 D	Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
μ Cassiopejae . . .	1h 1.6m	+54°26′	5.21	3.75	0.13″ Peter; 0.24″ Bauer; 0.28″ Jacoby; 0.07″ Flint.
ϑ Cassiopejae . . .	1 5.0	+54 37	5	0.22	0.23″ Jacoby. Im selbigen Felde mit μ.
o Ceti	2 14.3	— 3 26	Var.	0.24	
ϱ Persei	2 58.8	+38 27	Var.	0.18	Unregelmäßig veränderlich.
β Persei	3 1.7	+40 34	Var.	0.03	0.07″ Chandler; 0.04″ Chase. Spektroskop. Doppelstern.
Lalande 6888, 9 .	3 40.2	+41 9	9; 9.5	1.38	Doppelstern.
λ Tauri	3 55.1	+12 12	Var.	0.02	Veränderl. 3.4 bis 4.2 Gr.; Spektroskop. Doppelstern.
Lalande 7443 . .	3 56.5	+35 2	8.5	2.19	
„ 9012 . .	4 44.4	+45 41	7.5	0.68	
η Geminorum . . .	6 8.8	+22 32	Var.	0.07	Veränd. 3.2 bis 4.2 Gr. Vis. u. spektroskop. Doppelstern.
ζ Geminorum . . .	6 58.2	+20 43	Var.	0.02	Var. 3.7 bis 4.5 Gr. Spektroskop. Doppelstern.
α Geminorum . . .	7 28.2	+32 6	1.56	0.21	+0.20″ Johnson; —0.17″ Flint. Spektroskop. Doppelstern.
ε Hydrae	8 41.5	+ 6 47	3.5	0.21	Doppelstern.
ι Ursae Maj. . . .	8 52.4	+48 56	3.16	0.50	0.13″ Peters; 0.11″ Flint.
10 Ursae Maj. . .	8 54.2	+42 11	4.19	0.51	0.20″ Belopolsky; —0.07″ Flint. Mit ι Ursae gemeinsame Eigenbewegung.
Groombridge 1646	10 21.9	+49 19	6.5	0.84	0.11″ Kapteyn.
Lalande 21185 . .	10 57.9	+36 38	6.8	4.77	0.50″ Winnecke; 0.43″ Kapteyn; 0.37″ Flint.
„ 21258 . .	11 0.5	+44 2	8.5	4.40	0.26″ Auwers; 0.26″ Krüger; 0.17″ Kapteyn; 0.37″ Flint.
ξ Ursae Maj. . . .	11 12.9	+32 6	4; 5	0.74	Doppelstern.
A. Oe. 11677 . .	11 14.8	+66 23	9.0	3.04	0.25″ Geelmuyden; 0.19″ Bergstrand.
83₁ } Leonis . . .	11 21.7	+ 3 33 {	6.5	0.75	
83₂ }			7	0.68	
β Leonis	11 44.0	+15 8	2.07	0.54	0.05″ und 0.01″ Pritchard.
Groombridge 1830	11 47.2	+38 26	6.5	7.05	0.18″ Schlüter; 0.16″ Kapteyn; —0.01″ Flint.
Lalande 22901 . .	12 7.8	+10 36	7.5	0.44 }	Diese drei Sterne scheinen eine Gruppe zu bilden.
„ 22908 . .	12 8.2	+11 24	7.5	0.59 }	
„ 22914 . .	12 8.4	+10 36	7	0.30 }	
γ Virginis	12 36.6	— 0 54	3.0; 3.2	0.58	Sp. Typus I u. Doppelstern.
δ Virginis	12 50.6	+ 3 56	3	0.51	
Lalande 25334 . .	13 34.7	+11 15	5.6		0.25″ Flint.
A. G. Berlin A. 4999	13 40.2	+18 20	9.2	2.0	
Lalande 25372 . .	13 40.7	+15 20	8.5	2.32	0.43″ Flint
ξ Bootis	14 46.8	+19 31	4.5; 6.5	0.16	Doppelstern.
A. Oe. 14318 . . .	15 4.7	—15 59	9.3	3.74 }	Ein Paar mit bemerkenswerter Eigenbewegung.
„ 14320 . . .	15 4.7	—15 54	9.2	3.74 }	
Lalande 27742 . .	15 8.3	+19 39	7.5	0.67 }	Ein Paar mit bemerkenswerter Eigenbewegung.
„ 27743 . .	$\Delta\alpha$ +0.31ˢ	$\Delta\delta$ +23.3″	8.0	0.62 }	
OΣ 298	15 32.4	+40 9	7; 7.4	0.50 }	Doppelstern.
Weiße₂ 720 . . .	15 32.5	+40 8	7	0.50 }	
Lalande 29381 . .	16 1.5	+39 26	7	0.56 }	
„ 29439 . .	16 2.9	+38 55	8.5	0.60 }	

Name	Position 1900.0 R. A.	Position 1900.0 D	Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
ζ Herculis	16h37.6m	+31°47′	3	0.61	Doppelstern 3 u. 6.5 Gr.; 0.15″ Lewis.
η Herculis	16 39.5	+39 7	3.69	0.08	0.40″Belopolsky; 0.15″Flint.
W. B. XVII. 322 .	17 20.8	+ 2 14	8.0	1.36	0.17″ Flint.
μI Herculis. . . .	17 42.6	+27 47	4.0	0.81	
Σ 2398	18 41.7	+59 29	8.2	2.27	0.35″ Lamp; 0.32″ Flint.
München I. 18180	18 53.1	+ 5 48	9	1.26	Doppelstern 17″ Distanz.
6 Cygni	19 9.5	+49 40	6.6	0.64	0.48″ Ball; —0.02″ Hall. Doppelstern 10″ Distanz.
B. D. +30° 3639.	19 30.9	+30 18	9		Wolf-Rayet-Stern mit Wasserstoffhülle. 5″ im Durchm.
Lalande 37647 . .	19 41.8	+33 22	8.5	0.47 }	Doppelstern.
„ 37686 . .	19 42.6	+33 34	5.5	0.47 }	Gemeinsame Bewegung.
61 Cygni	21 2.4	+38 15	5.11	5.16	0.36″ Wilsing.
δ Equulei	21 9.6	+ 9 37	4.5	0.30	0.02″ Flint; 0.02″ Leavenworth; 0.07″ Hussey (spektroskopisch).
τ Cygni	31 10.8	+37 36	4; 10	0.48	0.08″ Belopolsky. Doppelst.
Lalande 43492 . .	22 12.3	+12 24	7	0.83	
Kr. 60	22 24.5	+57 12	9; 11	0.95	Doppelstern v. 3″ Distanz.
δ Cephei	22 25.5	+57 54	Var.	0.01	Spektroskopischer Doppelst.
β Pegasi	22 58.9	+27 32	Var.	0.22	Unregelmäßig veränderlich.
Lalande 45755 . .	23 16.8	+48 33	7.5	0.68	
λ Andromedae . .	23 32.7	+45 55	4	0.45	Spektroskopischer Doppelst.
Lalande 46650 . .	23 44.0	+ 1 52	8.7	1.4	0.23″ Flint.

Die photographischen Aufnahmen der Sterne dieser Tabelle sind bereits so weit vorgeschritten, daß Norris Russell für eine Anzahl derselben die Berechnung bezüglich der Parallaxen durchführen und endgültige Ergebnisse veröffentlichen konnte.[1]) Es sind im wesentlichen folgende:

L a l a n d e 21 185. Dieser Stern ist ungefähr 7. Größe und besitzt starke Eigenbewegung. Die frühern Versuche, seine Parallaxe zu bestimmen, hatten bereits wahrscheinlich gemacht, daß er zu den uns nähern Fixsternen gehört. Die neue Untersuchung von Rusell beruht auf acht photographischen Platten, und bei den Ausmessungen wurde die Position des Sternes mit denjenigen von neun andern Sternen 7. bis 9. Größe verglichen, um die Verschiebungen infolge der jährlichen Bewegung der Erde möglichst scharf zu ermitteln. Als Endergebnis fand sich für die Parallaxe des Sternes der Wert $\pi = 0.344''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.013″. Die frühern Versuche von Winnecke, Kapteyn und Flint hatten auf eine Parallaxe von 0.5″ bis 0.4″ geführt. Die Berechnung der Parallaxe durch Russell setzt voraus, daß die Parallaxen der neun Vergleichssterne unmeßbar klein sind; diese Voraussetzung ist nicht in aller Strenge richtig, vielmehr ist wahrscheinlich, daß die durch-

[1]) Monthly Notices **65.** 1905. Nr. 8; **67.** 1907. Nr. 2.

schnittliche Parallaxe dieser Vergleichssterne nahezu 0.007″ beträgt, um diesen Betrag wäre also der oben angegebene Wert der relativen Parallaxe zu vergrößern, um die absolute Parallaxe des Sternes Lalande 21 185 zu erhalten. Weiter ergibt sich, daß die absolute Leuchtkraft dieses Sternes nur etwa $^1/_{60}$ von derjenigen unserer Sonne ist, und die Geschwindigkeit, mit der sich derselbe durch den Raum fortbewegt, senkrecht zu unserer Gesichtslinie gemessen, 65 *km* in der Sekunde beträgt.

γ Virginis, ein Doppelstern, dessen beide Komponenten zusammen die Helligkeit 2.9 Größe besitzen. Auch von diesem Sterne wurden acht Aufnahmen in drei verschiedenen Epochen gemacht. Russell hat daraus für jede der beiden Komponenten die Parallaxe abgeleitet, und diese beiden Parallaxen müßten gleich groß sein, wenn die Messungen absolut fehlerfrei wären. Dies können sie natürlich nicht sein, und in der Tat findet sich der wahrscheinlichste Wert der Parallaxe der südlichen Komponente des Doppelsternes zu 0.084″, die der andern zu 0.064″; der Unterschied beträgt nur 0.022″, und Russell nimmt als wahrscheinlichsten Wert der Parallaxe das Mittel zwischen beiden an, also $\pi = 0.074''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.022″. Dieser Stern ist ein Doppelstern, und die Bahn der beiden Komponenten um ihren gemeinsamen Schwerpunkt näherungsweise bekannt. Dr. See findet die Umlaufszeit zu 190 Jahren und die halbe große Achse der Bahn von der Erde aus gesehen zu 3.99″, endlich die Exzentrizität zu 0.90. Hieraus ergibt sich unter Annahme der oben angegebenen Parallaxe, daß die halbe große Achse dieses Doppelsternsystems 50 Erdbahnhalbmesser beträgt, die Distanz im Periastrum 5, im Apastrum dagegen 95 Erdbahnhalbmesser. Endlich findet sich für die Gesamtmasse beider Sterne ein Wert von 3.3 Sonnenmassen, und da beide Sterne nach Auwers und Lewis nahezu gleiche Massen besitzen, so übertrifft jeder derselben unsere Sonne an Masse 1.6mal, dagegen an Leuchtkraft etwa neunfach. Diese Sterne müssen daher entweder weniger dicht sein als die Sonne oder eine größere Oberflächenhelligkeit als diese besitzen, was mit der Tatsache zusammenstimmt, daß ihr Spektrum zum I. Spektraltypus gehört. Nach den spektroskopischen Messungen Belopolskys besitzt dieses Sternsystem eine Geschwindigkeit von 21 *km* pro Sekunde in der Gesichtslinie zur Erde, während die Parallaxenbestimmung zusammen mit der scheinbaren Eigenbewegung des Doppelsternes zeigt, daß dieser senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde hin, eine Geschwindigkeit von 34 *km* in der Sekunde besitzt. Sonach beträgt die absolute Geschwindigkeit dieses Systems im Raume 40 *km* pro Sekunde, und die Bewegungsrichtung macht einen Winkel von 60° mit der Gesichtslinie zur Erde hin.

In einer dritten Mitteilung berichtet Russell über seine Bestimmungen der Parallaxen von weitern acht Sternen, von denen die meisten in der obigen Liste enthalten sind. Bei diesen Bestim-

mungen wurden stets zwischen fünf und acht Platten ausgemessen, und die Zahl der Sterne, mit denen die Positionen der zur Parallaxenbestimmung ausgewählten Sterne verglichen wurden, war stets zwischen sieben und neun. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Name des Sternes	A R 1900.0	D	Helligkeit	Eigenbewegung	Parallaxe	Wahrscheinl. Fehler derselben
β Cassiopejae	0h 3.8m	+58° 26′	2.4 Größe	0.55″	0.082″	0.014
Groombridge 34 . . .	0 12.6	+43 27	7.9 „	2.82	0.250	0.019
26 Andromedae . . .	0 13.5	+43 15	5.9 „	0.03	—0.026	0.069
η Cassiopejae	0 42.9	+57 18	3.6 „	1.20	0.188	0.041
o Ceti.	2 14.3	— 3 26	Veränderl.	0.24	0.136	0.070
Lalande 25372 . . .	13 40.7	+15 27	8.5 Größe	2.32	0.221	0.032
Berlin B 5072. . . .	14 21.1	+24 6	9.0 „	1.42	0.067	0.073
„ B 5073. . . .	14 21.1	+24 6	9.1 „	1.42	0.000	0.052

An verschiedenen von diesen Sternen sind schon früher Parallaxenbestimmungen ausgeführt worden. So erhielt bei β Cassiopejae Pacthod auf photographischem Wege eine Parallaxe von 0.15″, Kossinski und Flint fanden aus Deklinations- und Meridianbeobachtungen 0.14″ und 0.10″. Bei Groombridge 34 erhielt Auwers 0.29″, Flint 0.31″. Für η Cassiopejae liegen nicht weniger als sieben Bestimmungen der Parallaxe vor, die zwischen 0.10″ und 0.37″ schwanken, für Lalande 25 373 fand Elkin aus Heliometermessungen $\pi = 0.17''$. Im allgemeinen kann man eine nicht unbefriedigende Übereinstimmung dieser Messungen mit den neuesten Ergebnissen von Russell behaupten, und diese letztern gewinnen dadurch an Vertrauen. Der negative Wert der Parallaxe von 26 Andromedae ($\pi = -0.026''$) ist kleiner als sein wahrscheinlicher Fehler und besagt, daß diese Parallaxe unmeßbar ist.

Die beiden Sterne Groombridge 34 und η Cassiopejae sind Doppelsterne. Durch die Bestimmung ihrer Parallaxen in Verbindung mit der scheinbaren Helligkeit erhält man für die vorgenannten acht Sterne folgende absolute Werte:

Name des Sternes	Leuchtkraft im Verhältnis zur Sonne = 1	Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie pro Jahr in Erdbahnhalbmessern	Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie pro Sekunde in Kilometern
β Cassiopejae	23	6.2	29
Groombridge 34 A	0.016	10.9	52
„ B	0.0015		
η Cassiopejae A	1.5	6.2	29
„ B	0.04		
o Ceti im Maximum der Helligkeit	3.0	1.7	8
„ „ Minimum „ „	0.011		
Lalande 25372	0.011	10.2	49
Berlin B 5072	0.25	35	170
„ B 5073	0.25		

Die Angaben für die beiden letzten Sterne, welche eine gemeinsame Bewegung besitzen, sind unsicher, doch ist wahrscheinlich, daß sie lichtschwächer sind als die Sonne, und ihre Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie erheblich größer ist als die der übrigen Sterne in der Tabelle.

η Cassiopejae ist ein Doppelstern, für den eine näherungsweise Bahnbestimmung vorliegt. Nach der Berechnung von Lewis, ist die halbe große Achse der scheinbaren Bahn $a = 8.51''$, die Umlaufszeit beträgt 233 Jahre. In Verbindung mit der gefundenen Parallaxe ergibt sich hieraus, daß die wirkliche mittlere Distanz der beiden Komponenten dieses Doppelsternes 44 Halbmesser der Erdbahn beträgt, und zwischen 58 und 30 dieser Halbmesser schwankt; ferner daß die Gesamtmasse beider Sterne 1.6 Sonnenmasse beträgt. Nach Lewis ist die Masse des hellern beider Sterne doppelt so groß, als die des Begleiters, also nahe gleich der Sonnenmasse, und auch die absolute Lichtstärke desselben ist wenig von derjenigen unserer Sonne verschieden.

Was o Ceti (Mira) anbelangt, so fanden Campbell und Stebbins spektroskopisch dessen Bewegung in der Gesichtslinie zur Erde (oder die Radialbewegung) konstant zu $+63$ *km* in der Sekunde. Da die Geschwindigkeit desselben senkrecht zu dieser Richtung zu nur 8 *km* ergibt, so folgt, daß dieser Stern sich von uns entfernt, und seine Bahn nur einen Winkel von 7° mit der Gesichtslinie zur Erde bildet. Ist der ermittelte Wert seiner Parallaxe richtig, so folgt weiter, daß dieser Stern vor 110 000 Jahren unserer Sonne am nächsten war, er stand damals im Sternbilde des großen Bären, 210 000 Halbmesser der Erdbahn (420 Billionen Meilen) von der Sonne entfernt, und wenn seine Helligkeitsschwankungen so groß waren wie heute, so muß er damals in seinem hellsten Lichte dem Sirius gleich erschienen sein, im schwächsten aber wie ein Stern 5. Größe.

Parallaxenbestimmung von Fixsternen durch Meridianbeobachtungen. Gegen Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts hat Prof. Kapteyn von der Sternwarte zu Leiden gezeigt, daß die Durchgänge von Sternen am Meridiankreise mit Hilfe der Registriermethode so genau erhalten werden können, daß sie zur Ableitung der Parallaxen benutzbar sind. Später hat Flint[1]) auf diesem Wege am Meridiankreise der Sternwarte zu Madison bei etwa 100 Sternen Parallaxen bestimmt, die jedenfalls zeigen, daß auf diesem Wege etwas zu erreichen ist. Aus diesem Grunde und weil ein geeignetes Instrument zur Verfügung stand, hat E. Jost von dem astronomischen Institut der Sternwarte zu Heidelberg in der Zeit vom Mai 1899 bis zum Juni 1901 an einer Reihe ausgewählter Sterne über 5000 Durch-

---

[1]) Meridian Observations for Stellar Parallax. Madison 1902.

gangsbeobachtungen zum Zwecke der Parallaxenbestimmung angestellt und bearbeitet.[1])

Die ausgewählten Sterne waren ausnahmslos solche mit stärkern Eigenbewegungen, entsprechend der oben erwähnten Erfahrung, daß bei solchen Sternen die Wahrscheinlichkeit einer meßbaren Parallaxe am größten ist. Im ganzen wurden 29 Fixsterne in den Kreis der Untersuchung gezogen und durchschnittlich jeder mit drei bis vier lichtschwächern Sternen, deren Parallaxen als unmerklich klein anzusehen sind, verglichen.

E. Jost teilt alle Einzelheiten bezüglich des benutzten Instruments (von drei Zoll Öffnung), der Messungen, der möglichsten Ausschließung von Fehlern und der Berechnungsweise mit. Hier haben wir es nur mit den Endergebnissen, d. h. den gefundenen Parallaxen, sowie den wahrscheinlichen Fehlern derselben zu tun. Die nachstehende Tabelle führt dieselben vor. In der ersten Kolumne findet sich der Name des Sternes, in der zweiten die Helligkeit (Größe), in der dritten die Parallaxe (π) nebst deren wahrscheinlichem Fehler (w. F.), in der vierten bis sechsten bei einigen bereits anderwärts auf Parallaxe untersuchten Sternen, die von den dort angeführten Beobachtern früher gefundenen Parallaxen und die dabei angewendeten Beobachtungsmethoden (Heliometer, photographische Aufnahmen, Registrierbeobachtungen).

Sterne	Gr.	π	w. F.			
109 Herculis . . .	4.1	+0.02″	±0.023″			
110 Herculis . . .	4.3	+0.06	±0.022			
3 Cygni	6.4	+0.07	±0.031	+0.05″	Chase	Heliometer
16 Cygni pr. . . .	6.3	+0.15	±0.031			
15 Sagittae . . .	5.7	+0.076	±0.045	+0.16	Chase	Heliometer
Groombridge 3215	7.1	+0.03	±0.044	—0.02	Chase	Heliometer
56 Cygni	5.1	+0.05	±0.039			
Groombridge 3357	6.8	—0.07	±0.035			
61 Cygni pr. . . .	5.4	+0.32	±0.029	+0.326	Kapteyn-De Sitter	Photographisch
				+0.357	Wilsing	Photographisch
				+0.21	Flint	Registrier-beobachtungen
				+0.292	Bergstrand	Photographisch
				+0.38	Kostinsky	Photographisch
65 Cygni τ	4.0	+0.12	±0.042			
Bradley 2792. . .	5.7	+0.08	±0.033			
$\varkappa$ Aurigae	4.4	+0.05	±0.017			
56 Aurigae ψ_5 . .	5.3	+0.07	±0.020			
Groombridge 1281	5.8	+0.06	±0.020			
ϱ Geminorum . .	4.5	+0.04	±0.028			
σ Geminorum . .	4.4	+0.05	±0.027			

[1]) Untersuch. über die Parallaxen von 29 Fixsternen von E. Jost. Veröffentlichungen der Sternwarte zu Heidelberg (astron. Institut), herausgegeben von Dr. W. Valentiner. 4. Karlsruhe 1906.

Sterne	Gr.	π	w. F.			
Lalande 15565 . .	7.0	+0.11	±0.032	+0.07	Flint	Registrier-beobachtungen
				+0.03	Chase	Heliometer
Piazzi VII 321 . .	7.0	+0.04	±0.024	+0.04	Chase	Heliometer
32 Lyncis	6.5	+0.08	±0.035			
ϱ_1 Cancri	6.2	+0.09	±0.037	+0.06	Chase	Heliometer
40 Lyncis *α* . . .	3.4	—0.07	±0.031			
11 Leonis minoris	5.7	+0.07	±0.042	—0.02	Chase	Heliometer
20 Leonis minoris	5.5	+0.06	±0.027	+0.065	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.05	Flint	Registrier-beobachtungen
Bradley 1433 . .	6.0	+0.10	±0.026			
Groombridge 1678	5.2	+0.02	±0.024			
Lalande 21185 . .	7.5	+0.36	±0.023	+0.501	Winnecke	Heliometer
				+0.43	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.36	Flint	Registrier-beobachtungen
55 Ursae majoris .	4.9	+0.03	±0.025			
Groombridge 1774	7.1	+0.02	±0.029			
Groombridge 1830	6.6	+0.08	±0.024	+0.118	nach Auwers	Mittel a. diversen Bestimmungen
				+0.139	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.02	Flint	Registrier-beobachtungen

Unter den Sternen dieser Tabelle finden sich vier, die schon zwei- oder mehrmals von frühern Beobachtern auf Parallaxe untersucht worden sind. Es sind Sterne von großer Eigenbewegung, und sie wurden von Jost aus dem Grunde mitgenommen, um aus der Übereinstimmung der neuen mit den früher erhaltenen Werten für die Parallaxen, einen Schluß auf die Zuverlässigkeit der andern, von ihm zum ersten Male bestimmten Parallaxen zu ziehen. Die Übereinstimmung ist in den bezeichneten vier Fällen eine befriedigende, ja gute. Von besonderm Interesse ist darunter der Stern 61 im Schwan, und Jost bemerkt hierüber:

„Seit der klassischen Bestimmung durch Bessel hat die Parallaxe des Doppelsternes 61 Cygni dauernd das größte Interesse gefunden, was sich besonders darin ausspricht, daß von diesem Sterne weitaus die größte Anzahl von Bestimmungen vorliegt, sowohl der bloßen Anzahl wie der verwendeten Methode nach, trotzdem es wahrscheinlich einige Sterne am Himmel gibt, deren Parallaxe noch größer ist. In seiner Neubearbeitung dieses Sternes hat Bergstrand[1]) eine umfassende Aufstellung sämtlicher ihm bekannten Bestimmungen der Parallaxe von 61 Cygni gegeben. Die Liste der Bestimmungen

[1]) Bergstrand, Untersuchungen über das Doppelsternsystem 61 Cygni, Upsala 1905.

dieses einzigen Sternes ist geeignet, um ein treffendes Bild von der Sicherheit unserer Kenntnis der Parallaxen überhaupt zu geben, und ihre Betrachtung ist daher sehr lehrreich. Heute läßt sich die Liste noch um die drei modernsten Werte vervollständigen; einmal den von Bergstrand selbst gefundenen +0.29″, alsdann den neuen Pulkowaer[1]) Wert +0.38″, ebenfalls auf Grund photographischer Bestimmungen beruhend und schließlich den in vorliegender Arbeit gefundenen +0.32″. Ein Blick über die gesamten Parallaxenwerte von 61 Cygni hinterläßt zunächst den Eindruck einer großen allgemeinen Unsicherheit hinsichtlich der Größe des Wertes überhaupt. Es ist ganz augenfällig, daß systematische Fehlerquellen bei einer großen Anzahl der Berechnungen dazu beigetragen haben müssen, die Resultate zu verfälschen, insofern, als die Abweichungen der Einzelwerte voneinander auch unter Berücksichtigung ihrer w. F. nicht zu erklären sind. Es zeigte sich in der Bergstrandschen Aufstellung u. a., daß man die visuellen Bestimmungen nach Epochen geordnet in Perioden teilen kann, deren jede einen von einer andern ganz verschiedenen Wert aufweist. Anderseits findet sich, daß selbst die neuesten Werte noch bis zu 0.2″ (Flint +0.21″, Kostinsky +0.38″), also weit mehr als durch ihre Fehlergrenzen erlaubt wäre, voneinander abweichen, und es ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die photographischen Bestimmungen fast durchweg einen größern Wert ergeben als die visuellen aus ungefähr gleichen Epochen. Zwar hat Bergstrand versucht, die Werte der Bestimmungen von Pritchard[2]) und Wilsing[3]) wie den von ihm selbst bestimmten, durch Annahme von Dispersionswirkungen erheblich zu verringern und mit einem Teile der visuell bestimmten in Einklang zu bringen, allein den Bergstrandschen Annahmen wird nicht allgemein beigepflichtet,[4]) ferner würde der Kostinskysche Wert +0.38″, der von seinem Berechner als im wesentlichen frei von den sogenannten Fehlern angesehen wird, erheblich abweichen. Die neuern visuellen Bestimmungen ergaben, wie erwähnt, zum Teile erheblich kleinere Werte als die mittels Photographie erlangten; im einzelnen weichen aber die Werte auch untereinander bedeutend ab, und es ist auch noch nicht gelungen, für die mittels der gleichen Methode erlangten Werte Gesetzmäßigkeiten zu finden, welche es erlaubten, die Einzelwerte in Übereinstimmung zu bringen. Gewinnt man aber so den Eindruck, daß weder von einer bestimmten

---

[1]) Kostinsky, Untersuchungen auf dem Gebiete der Sternparallaxen mit Hilfe der Photographie, St. Petersburg **1905**.

[2]) Pritchard, Researches in Stellar parallax, Oxford 1892.

[3]) Wilsing, Untersuchungen über die Parallaxe und Eigenbewegung von 61 Cygni, Potsdam 1897.

[4]) Siehe Kostinsky l. c. Peter, Beob. am 6-zölligen Repsoldschen Heliometer der Leipziger Sternwarte, II. Abhandlung 1898, Wilsing, Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. **41**. 1906.

Methode, noch einer bestimmten Arbeit hinsichtlich des Sternes 61 Cygni gesagt werden kann, daß das Resultat frei von systematischen Fehlern sei, auch nur in der durch den mittlern Fehler gegebenen Begrenzung, so ist klar, daß wir, wie Kostinsky sagt, in mancher andern kleinern Parallaxe lediglich eine Anhäufung systematischer Fehler erblicken können."

Man wird dem nur beistimmen können, also den nur auf ein paar Hundertstel der Sekunde berechneten Parallaxen eine wirkliche Bedeutung nicht zusprechen dürfen. Mit andern Worten heißt dies: Die Zahl der Sterne, welche Parallaxen von mehr als 0.1″ besitzen, also in Entfernungen von weniger als 40 Billionen Meilen sich befinden, ist sehr gering, selbst wenn man nur die Sterne 1. bis 8. Größe in Betracht zieht. Ob es jemals gelingen wird, wesentlich größere Fixsternentfernungen zu bestimmen, muß dahin gestellt bleiben.

Benennungen von neuentdeckten veränderlichen Sternen. Als Fortsetzung der frühern Verzeichnisse[1]) gibt die von der astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission zur Herstellung eines Normalkatalogs der veränderlichen Sterne eine vierte Zusammenstellung von neu entdeckten Veränderlichen, die sie zur endgültigen Benennung für reif erklärt hat.[2]) Sie macht dazu folgende Bemerkungen: „Bei weitem der größte Teil derselben ist mit Hilfe der Photographie aufgefunden worden, und zwar insbesondere auf dem Harvardobservatorium durch die Prüfung der Draper Memorial- und der Kartenaufnahmen. Soweit sich aus dem bisher veröffentlichten Materiale entnehmen läßt, gehören 24 Objekte den langperiodischen, 11 den irregulären, 25 den kurzperiodischen Veränderlichen, 13 dem Algoltypus und 1 dem Antalgoltypus an. Bezüglich der Namen ist zu erwähnen, daß bei dem Sternbilde Cygnus diesmal die bisher übliche Bezeichnung durch die Kombination zweier Buchstaben des Alphabets von R bis Z erschöpft ist, und daß die Kommission daher gezwungen gewesen ist, sich über die Fortführung der Bezeichnungen schlüssig zu machen. Auf der Astronomenversammlung in Lund war bereits auf diese Eventualität hingewiesen und angekündigt worden, daß nach Erschöpfung der Kombinationen zu zwei Buchstaben mit den Kombinationen zu drei Buchstaben begonnen werden sollte. In der an den Kommissionsbericht sich anschließenden Diskussion in Lund war dann der Vorschlag gemacht, die Verwendung von drei Buchstaben zunächst zu vermeiden und die bisher von der Benutzung ausgeschlossenen Buchstaben A bis Q (zu zweien kombiniert) heranzuziehen und daher AA Cygni auf ZZ Cygni folgen zu lassen. Dieser Vorschlag ist in der Kommission nochmals beraten worden und hat schließlich Zustimmung gefunden.

[1]) Siehe dieses Jahrbuch **15**. p. 67. **16**. p. 95. **17**. p. 50.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4212.

			h	m	s	°	′	s	′	m	m	
1	64.1905	SS Cassiopejae	0	4	24	+51	0.6	+3.10	+0.33	9	12	v
2	65.1905	ST Cassiopejae	0	12	14	+49	43.9	+3.16	+0.33	7.5	9.0	ph
3	5.1907	SW Andromedae	0	18	29	+28	50.8	+3.13	+0.33	8.7	9.9	ph
4	—	U Tucanae	0	54	9	—75	32.4	+1.86	+0.32	9.1	13.0	ph
5	156.1906	RZ Persei	1	23	35	+50	20.3	+3.65	+0.31	8.5	9.7	v
6	51.1907	SX Andromedae	1	27	34	+46	0.4	+3.59	+0.31	9.2	<11.5	ph
7	33.1907	SS Persei	1	49	34	+49	59.6	+3.80	+0.30	10.7	11.2	ph
8	120.1906	RY Persei	2	38	59	+47	43.3	+4.01	+0.26	8.0	10.3	v
9	155.1906	SU Cassiopejae	2	43	3	+68	28.5	+5.28	+0.25	5.9	6.3	v
10	7.1907	RV Camelopard.	4	22	24	+57	11.5	+4.96	+0.14	7.8	9.5	ph
11	27.1907	RY Aurigae	5	11	32	+38	13.1	+4.10	+0.07	10.7:	11.7:	v
12	—	T Pictoris	5	12	19	—47	1.8	+1.67	+0.07	8.4	12.4	ph
13	24.1907	RW Monocerotis	6	29	18	+ 8	54.2	+3.28	—0.04	9.0	10.8	v
14	3.1902	RV Monocerotis	6	53	0	+ 6	18.0	+3.22	—0.08	7	8	v
15	2.1907	RU Camelopard.	7	10	54	+69	51.2	+6.54	—0.10	8.5	9.8	ph
16	66.1907	X Leonis	9	45	40	+12	20.3	+3.23	—0.28	11.5	13.5	ph
17	158.1906	ST Carinae	10	12	30	—59	42.9	+2.04	—0.30	9.2	10.3	ph
18	42.1906	S Sextantis	10	29	49	+ 0	10.5	+3.07	—0.31	8.9	10.5	ph
19	169.1906	ST Centauri	11	5	29	—51	56.8	+2.67	—0.32	9.8	10.7	ph
20	170.1906	SU Centauri	11	6	34	—47	18.0	+2.74	—0.33	8.7	9.6	ph
21	177.1906	SV Centauri	11	43	5	—60	0.5	+2.90	—0.33	8.8	9.8	ph
22	180.1906	W Crucis	12	6	42	—58	13.6	+3.14	—0.33	8.7	9.3	ph
23	182.1906	SW Centauri	12	12	30	—49	10.6	+3.16	—0.33	8.8	11.4	ph
24	183.1906	SX Centauri	12	15	52	—48	39.4	+3.18	—0.33	8.3	10.2	ph
25	54.1906	RV Draconis	12	33	11	+66	8.7	+2.64	—0.33	9.7	<12.5	ph
26	186.1906	X Crucis	12	40	32	—58	34.6	+3.46	—0.33	8.5	9.0	ph
27	10.1907	RY Draconis	12	52	30	+66	32.2	+2.37	—0.33	6.1	7.0	v
28	141.1906	RZ Centauri	12	55	37	—64	5.4	+3.73	—0.32	8.5	8.9	ph
29	149.1906	SS Centauri	13	7	9	—63	37.1	+3.85	—0.32	8.8	10.4	ph
30	11.1907	TT Centauri	13	13.2		—60	15	+3.81	—0.32	10.5	13.5	ph
31	153.1906	U Muscae	13	18	16	—64	8.4	+4.00	—0.31	10.5	<14.0	ph
32	190.1906	SY Centauri	13	35	3	—61	15.8	+4.05	—0.31	9.8	10.8	ph
33	191.1906	SZ Centauri	13	43	51	—58	0.2	+4.01	—0.30	8.0	8.9	ph
34	12.1907	ST Virginis	14	22	31	— 0	27.1	+3.07	—0.27	9.1	10.5	ph
35	13.1907	TU Centauri	14	28	4	—31	14.9	+3.60	—0.27	[illegible]	[illegible]	[illegible]

36	14.1907	RS Bootis	14 29 10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
37	86.1906	RR Bootis.	14 43 15	+39 43.7	+2.35	—0.25	8.9	<12	v
38	69.1905	X Lupi	14 46 45	—46 12.4	+4.00	—0.25	10.4	12.8	ph
39	15.1907	Y Lupi	14 52.3	—54 33	+4.35	—0.24	8.5	13.5	ph
40	67.1907	RT Bootis.	15 13 22	+36 43.5	+2.33	—0.22	9	<11	v
41	16.1907	Y Coronae.	15 43 4	+38 33.9	+2.19	—0.19	8.5	10.5	ph
42	17.1907	Z Coronae	15 52.2	+29 32	+2.43	—0.18	8.0	<11.0	—
43	87.1906	RW Draconis	16 33 43	+58 2.6	+1.08	—0.12	9.6	10.8	ph
44	50.1907	SS Ophiuchi	16 52 40	— 2 36	+3.13	—0.10	8.1	12	v
45	3.1907	SW Herculis	16 54 11	+21 42.0	+2.56	—0.09	12.5	14.5	ph
46	52.1907	ST Ophiuchi	17 28 50	— 1 0.4	+3.09	—0.04	10.0	11.1	ph
47	53.1907	SU Ophiuchi.	17 34 22	+ 1 39.8	+3.03	—0.04	10.0	11.0	ph
48	54.1907	SV Ophiuchi.	17 51 25	+ 3 24.1	+2.99	—0.01	9.7	<12.0	ph
49	55.1907	W Serpentis	18 4 6	—15 34.0	+3.44	+0.01	8.5	10.0	ph
50	56.1907	W Scuti.	18 18 54	—13 42.5	+3.40	+0.03	9.3	10.4	ph
51	26.1907	RZ Draconis.	18 21 49	+58 50.1	+0.87	+0.03	9.5	10.2	v
52	57.1907	X Scuti	18 25 41	—13 10.8	+3.38	+0.04	9.5	11.0	ph
53	58.1907	Y Scuti	18 32 36	— 8 27.2	+3.27	+0.05	8.9	10.2	ph
54	30.1904	SY Lyrae	18 37 33	+28 43.2	+2.35	+0.05	10.2	11.0	ph
55	61.1907	Z Scuti	18 37 36	— 5 55.1	+3.21	+0.05	9.0	10.3	ph
56	63.1907	SZ Aquilae	18 59 35	+ 1 9.4	+3.05	+0.09	8.8	10.5	ph
57	4.1907	Y Vulpeculae	19 0 8	+24 38.3	+2.48	+0.09	13.5	14.5	ph
58	121.1906	RX Draconis	19 1 8	+58 35.2	+0.96	+0.09	9.3	10.2	v
59	64.1907	TT Aquilae	19 3 9	+ 1 8.5	+3.05	+0.09	7.6	9.0	ph
60	—	AA Cygni	20 0 46	+36 32.0	+2.22	+0.17	8.0	9.2	v
61	193.1906	ZZ Cygni	20 20 40	+46 35.7	+1.92	+0.19	10.4	11.5	v
62	20.1907	RS Delphini	20 24 33	+15 56.5	+2.76	+0.20	8.9	9.8	ph
63	33.1904	YZ Cygni	20 58 55	+40 53.5	+2.25	+0.24	—	—	—
64	48.1907	RV Aquarii	21 0 44	— 0 36.6	+3.08	+0.24	8.5	<12	v
65	70.1905	RX Pegasi.	21 51 44	+22 23.2	+2.78	+0.28	8.1	9.4	ph
66	50.1906	RY Pegasi.	22 1 27	+33 1.2	+2.64	+0.29	10.0	10.6	ph
67	51.1906	RZ Pegasi	22 1 29	+33 1.3	+2.64	+0.29	10.0	12.4	ph
68	23.1907	Y Lacertae	22 5 13	+50 33.3	+2.29	+0.29	8.5	9.2	v
69	88.1906	X Lacertae	22 44 58	+55 54.0	+2.44	+0.32	8.2	8.6	v
70	65.1907	SW Cassiopejae	23 2 53	+58 1.0	+2.54	+0.32	9.2	10.2	ph
71	52.1906	ST Andromedae	23 33 47	+35 12.5	+2.96	+0.33	8.2	<10.5	ph
72	194.1906	SV Cassiopejae	23 34 12	+51 42.5	+2.88	+0.33	7	< 9.5	v
73	1.1907	SV Andromedae	23 59 14	+39 33.1	+3.07	+0.33	9	<12.5	ph
74	53.1006	SU Andromedae	23 59 28	+42 59.7	+3.07	+0.33	8.3	9.8	ph
75	154.1906	Nova Velorum	10 58 20	—53 50.9	+2.59	—0.32	—	—	—

Es ist damit freilich das alte Prinzip, für die Veränderlichen ausschließlich die Buchstaben R bis Z zu verwenden, durchbrochen worden, und der Übergang von ZZ auf AA ist als inkonsequent anzusehen, aber aus praktischen Gründen empfiehlt es sich, die Benutzung von drei Buchstaben solange wie möglich hinauszuschieben. Die neue Bezeichnungsweise liefert von AA bis QZ 280 Kombinationen, und dies dürfte noch für eine beträchtliche Zeit hinaus ausreichend sein.

Die Fortsetzung des Verzeichnisses findet sich auf Seite 74 und 75. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die angegebene Helligkeit für das Auge gilt, ph, daß es sich um photometrische Größenklassen handelt.

Aus den Erläuterungen, welche die Kommission zu diesem Verzeichnis gibt, sei hier folgendes hervorgehoben:

1. SS Cassiopejae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Maxima sind nach Seares scharf, und die Lichtkurve scheint um das Maximum herum fast symmetrisch zu sein. Die Position des Veränderlichen ist von Hartwig bestimmt, der Maxima (8.8^m) 1906 Okt. 20, 1907 März 5 und Juli 20 beobachtet und daraus die Periode 139.6^d abgeleitet hat.

2. ST Cassiopejae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Spektrum IIIb. Veränderlichkeit auch durch Hartwig und Pračka bestätigt; letzterer hat von 1906 November bis 1907 April eine langsame Veränderung beobachtet mit einem Minimum 1907 Januar 24 (8.8^m). Lichtwechsel irregulär.

3. SW Andromedae. Entdeckt von Miss Cannon auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist = $0.49\,932^d$.

4. U Tucanae. Entdeckt 1898 von Frau Fleming. Spektrum IIIa mit hellen Wasserstofflinien.

5. RZ Persei. Entdeckt von Millosevich. Hartwig schließt aus seinen Beobachtungen im März und August bis Oktober 1907 auf eine Periode von etwa 338 Tagen mit Maximum 1907 Sept. 30.

6. SX Andromedae. Entdeckt von Miss Cannon auf photographischen Aufnahmen. Der Stern zeigt auf 50 zwischen 1892 und 1907 aufgenommenen Platten Größen zwischen 9.2^m und $<11.5^m$, der visuelle Unterschied scheint größer zu sein. Die Elemente sind:

$$\text{Maximum} = 2\,412\,486 + 337^d\ E.$$

7. SS Persei. Entdeckt von Bemporad in Catania.

8. RY Persei. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Hartwig gibt die Periode zu 6.862^d an.

9. SU Cassiopejae. Entdeckt von Müller und Kempf. Die Potsdamer photometrischen Messungen geben die Elemente: Max. = 1906 März 17.30 + 1.9498^d E. Die Lichtkurve ist nahezu symmetrisch.

10. RV Camelopardalis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Farbe nach Pračka hellrot.

11. RY Aurigae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Möglich, daß er zum Algoltypus gehört.

12. T Pictoris. Bei der Prüfung der Draper Memorial Photographien 1898 von Frau Fleming entdeckt. Pickering gibt in seinen Katalogen der Veränderlichen die genäherten Elemente an:

$$\text{Maximum} = 2\,410\,004 + 200^d \pm E.$$

13. RW Monocerotis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Die Prüfung von 22 Platten aus den Jahren 1896 bis 1907 ließ vermuten, daß der Stern dem Algoltypus angehöre. Dies wurde bestätigt

durch Esch und Ichinohe, welcher die provisorischen Elemente bestimmte: Min. = 2 417 680.653 M. Z. Gr. + 1.90 686^d E. Die Dauer der eigentlichen Lichtänderung beträgt etwa 6 bis 7 Stunden.

14. RV Monocerotis. Entdeckt von Frau Ceraski. Nach den visuellen Beobachtungen Blažkos scheinen die Lichtschwankungen unregelmäßig zu sein. Der Stern ist rot, und sein Spektrum gehört zum Typus IIIb.

15. RU Camelopardalis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Aufnahmen. Aus den Schätzungen auf 22 Platten aus den Jahren 1899 bis 1906 schließt Blažko, daß die Helligkeit zwischen 8.5 und 9.8^m schwankt, und daß die Periode möglicherweise kurz ist. Farbe orange. Nach Blažko ist die Periode 22.27^d, nach Luizet 21.8^d.

16. X Leonis. Entdeckt von Metcalf. Photographische Änderung von 11.5 bis 13.5^m mit kurzer Periode.

17. ST Carinae. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vermutlich zum Algoltypus.

18. S Sextantis. Entdeckt von Miss Leland auf photographischen Aufnahmen. Graff, welcher den Ort bestimmt hat, gibt die Amplitude des Lichtwechsels zu mindestens zwei Größenklassen mit Maximum 9^m an.

19. ST Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung von 168 Platten zeigte, daß die Periode kurz sein muß.

20. SU Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vermutlich zum Algoltypus.

21. SV Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört wahrscheinlich zum Algoltypus.

22. W Crucis. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung von 340 Platten zeigte, daß die Periode kurz ist.

23. SW Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Periode nach Pickering: 5.21 943^d.

24. SX Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Periode kurz.

25. RV Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Bestätigt von Hartwig, der eine Periode von etwa 147 Tagen vermutete, und von Pračka, der eine Periode von 203 Tagen ableitete.

26. X Crucis. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung der Platten zeigt, daß die Periode wahrscheinlich kurz ist.

27. RY Draconis. Entdeckt von Müller und Kempf bei Gelegenheit der Potsdamer photometrischen Durchmusterung. Die Potsdamer Messungen scheinen anzudeuten, daß der Stern zu den irregulären gehört. Farbe GR. Die photographische Helligkeitsamplitude ist 8.5 bis 10.5^m, scheint also größer zu sein als die optische.

28. RZ Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern wurde zuerst dem Algoltypus zugerechnet, scheint aber zu den kurzperiodischen zu gehören.

29. SS Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Algoltypus. Periode nach Pickering 2.47 871^d.

30. TT Centauri. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

31. U Muscae. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Unabhängig vier Tage später von Frau Fleming am Spektrum als veränderlich erkannt. Periode wahrscheinlich lang.

32. SY Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört wahrscheinlich zum Algoltypus.

33. SZ Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vielleicht zum Algoltypus.

34. ST Virginis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist kurz und wird von Pickering zu 0.41 224^d angegeben.

35. TU Centauri. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

36. RS Bootis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Der Stern findet sich auf 274 Platten aus dem Zeitraume von 1890 Juli 8 bis 1906 Juli 9, und die Schätzungen ergeben eine kurze Periode von 0.49931^{d}. Bestätigt von Hartwig und Pračka.

37. RR Bootis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Lichtkurve unsymmetrisch, Farbe orange und die Periode nahe 200^{d}.

38. X Lupi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist wahrscheinlich irregulär.

39. Y Lupi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

40. RT Bootis. Entdeckt von Anderson. Periode nach Hartwig 262^{d}.

41. Y Coronae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

42. Z Coronae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

43. RW Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Bestätigt von Blažko, der die Periode für kurz hält, und von Hartwig, der den Stern zum Antalgoltypus zählt. Blažko endlich findet, daß die Maximaepochen nicht durch eine konstante Periode dargestellt werden können, sondern daß vielmehr eine periodische Veränderung der Periodenlänge anzunehmen ist.

44. SS Ophiuchi. Entdeckt von Anderson. Periode nach Hartwig: Maximum 230^{d}.

45. SW Herculis. Entdeckt von Baillaud auf den Toulouser Platten für die photographische Himmelskarte. Die Veränderlichkeit ist wahrscheinlich von ganz kurzer Dauer.

46. ST Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon. Sehr kurze Periode von einem Tage oder Bruchteil desselben, mit raschem Aufstiege von der Minimalgröße zum Maximum.

47. SU Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon.

48. SV Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon. Periode: 216^{d}.

49. W Serpentis. Entdeckt von Miss Cannon. Periode = 14.15 Tage.

50. W Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Wahrscheinlich Algoltypus.

51. RZ Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen.

52. X Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Kurze Periode.

53. Y Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Periode nicht größer als 10 Tage, kann viel kleiner sein.

54. SY Lyrae. Entdeckt von Frau Fleming. Keine regelmäßige Periode.

55. Z Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Die Periode ist kürzer als 4 Tage.

56. SZ Aquilae. Entdeckt von Miss Cannon. Periode 17.132^{d}. Im Maximum ist die Änderung langsam, und wahrscheinlich bleibt der Stern wenigstens 2 Tage hell.

57. Y Vulpeculae. Entdeckt von Baillaud auf den Toulouser Platten für die photographische Himmelskarte. Aus den Aufnahmen läßt sich schließen, daß die Periode nicht lang sein kann, daß der Lichtanstieg in weniger als 30 Minuten vor sich geht, und daß das Verweilen im Minimum länger als die Zunahme und Abnahme dauert.

58. RX Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen und bestätigt. Der Algolcharakter ist durch Seares bestätigt, welcher die Periode zu 1.894^{d} bestimmte. Nach ihm scheint die Dauer der Lichtänderungen ungefähr fünf Stunden zu betragen.

59. TT Aquilae. Entdeckt von Miss Cannon. Eine vorläufige Untersuchung ergab die Periode zu 13.75^{d}. Das Spektrum scheint ebenfalls veränderlich zu sein.

60. AACygni. Von Espin verdächtigt mit Veränderung von 8.0 bis 9.2^m. Hartwig fand den orangefarbenen Stern von 1895 bis 1907 von 8.0 bis 9.0^m veränderlich.

61. ZZ Cygni. Entdeckt von A. St. Williams auf photographischen Aufnahmen. Algoltypus. Periode: $0.15^h\ 5^m\ 12.2^s$.

62. RS Delphini. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

63. YZ Cygni. Entdeckt von Dunne bei Beobachtungen am Meridiankreise.

64. RV Aquarii. Entdeckt von Anderson.

65. RX Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Bestätigt von Hartwig und Seares. Lichtkurve um das Maximum flach. Spektrum IIIb.

66. RY Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Der Stern ist die südlich vorangehende Komponente eines Doppelsternes, dessen andere Komponente ebenfalls variabel ist. Beide Komponenten bilden den Stern BD + 32° 4335. Ort nach Hartwig, der eine Periode von 25 Tagen ableitet mit einer Schwankung von 0.5^m.

67. RZ Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial-Photographien. Der Stern bildet mit dem vorangehenden Var. RY Pegasi einen Doppelstern. Bestätigt von Hartwig, der den Ort bestimmte und eine Periode von 125 Tagen ableitet.

68. Y Lacertae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Blažko fand, daß die Periode kurz ist, wahrscheinlich nur einige Tage beträgt.

69. X Lacertae. Entdeckt von Seares durch photometrische Messungen. Seares gibt als Periode: 5.440^d.

70. SW Cassiopejae. Entdeckt von Miss Cannon.

71. ST Andromedae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Bestätigt auch durch Hartwig. Pračka fand für die Periode den genäherten Wert 297^d.

72. SV Cassiopejae. Entdeckt von Aitken und bestätigt von Maddrill. Die Veränderlichkeit ist schon von Espin vermutet worden, der den Stern in einer Liste von Sternen mit bemerkenswerten Spektren (III!!!) anführt. Farbe rot.

73. SV Andromedae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen.

74. SU Andromedae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Veränderlichkeit ist schon früher von Espin vermutet worden. Spektrum nach Pickering III b. Pračka gibt für die Periode den provisorischen Wert 280^d.

75 Nova Velorum. Entdeckt von Miss Leavitt. Auf 128 Aufnahmen aus den Jahren 1889 bis 1905 ist der Stern nicht sichtbar; dagegen erscheint er als 9.7^m auf einer Platte von 1905 Dez. 5 und ist dann mit mehrfachen Fluktuationen bis Juni 1906 beobachtet worden. Auf einer Platte von 1906 Juli 2 ist der Stern nicht mehr zu erkennen und muß $< 11.2^m$ gewesen sein. Pickering hält den Novatypus für sicher.

Neue Veränderliche auf Photographien der Harvardsternwarte entdeckt. Im Verfolge der Untersuchungen dieser Platten, welche im Jahrbuche für 1906 Seite 55 erwähnt worden sind, hat Miss Leavitt wieder eine Anzahl bisher unbekannter Veränderlicher aufgefunden, über die Prof. Edward C. Pickering die folgende tabellarische Zusammenstellung gibt:[1])

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 127.

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größenklassen
		h m s	° ′		
2891	Perseus . . .	2 0 48	+57 58.2	9.3	0.7
2892	Perseus . . .	2 15 5	+56 8.8	9.2	0.9
2893	Cassiopeja . .	2 19 51	+59 0.6	10.6	0.6
2894	Cassiopeja . .	2 37 38	+65 18.6	8.2	0.8
2895	Cassiopeja . .	2 44 24	+62 22.4	8.8	0.6
2896	Camelopard. .	3 46 9	+58 21.6	9.0	1.0
2897	Camelopard. .	3 56 43	+58 22.9	8.6	0.6
2898	Camelopard. .	4 21 28	+64 13.5	9.5	1.0
2899	Ursa Major .	11 22 22	+45 44.2	8.2	0.8
2900	Draco	11 32 14	+67 53.2	9.0	0.7
2901	Ursa Major .	11 35 24	+52 33.9	9.5	1.0
2902	Draco	12 12 48	+70 4.0	8.8	0.8
2903	Ursa Major. .	12 16 12	+64 15.0	8.3	0.7
2904	Draco	12 21 49	+69 14.4	9.4	0.6

Eine ähnliche Untersuchung von Platten durch Miss A. J. Cannon führte zur Auffindung der in folgender Tabelle enthaltenen Veränderlichen:[1])

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größenklassen
		h m s	° ′		
2905	Andromeda .	1 27 34	+46 0.4	9.2	>2.3
2906	Ophiuchus . .	17 28 50	— 1 0.4	10.0	1.1
2907	Ophiuchus . .	17 34 22	+ 1 39.8	10.0	1.0
2908	Ophiuchus . .	17 51 25	+ 3 24.1	9.7	>2.3
2909	Serpens . . .	18 4 7	—15 33.8	8.5	1.5
2910	Scutum . . .	18 18 54	—13 42.6	9.3	1.1
2911	Scutum . . .	18 25 41	—13 10.9	9.5	1.5
2912	Scutum . . .	18 32 36	— 8 27.3	8.9	1.3
2913	Scutum . . .	18 36 40	— 4 12.6	9.1	1.1
2914	Ophiuchus . .	18 36 49	+ 6 19.6	10.6	0.8
2915	Scutum . . .	18 37 36	— 5 55.9	9.0	1.3
2916	Scutum . . .	18 43 40	—10 21.0	8.9	0.9
2917	Aquila. . . .	18 59 35	+ 1 9.1	8.8	1.7
2918	Aquila. . . .	19 3 10	+ 1 8.7	7.6	1.4
2919	Cassiopeja . .	23 2 53	+58 1.0	9.2	1.0

Fernere Untersuchungen anderer Platten durch Miss Leavitt gaben folgende neue Veränderliche:[2])

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 129.
[2]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 130.

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. 1900	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2920	Perseus . . .	2 53 42	+38 47.7	8.5	2.0
2921	Perseus . . .	4 10 12	+41 29.2	10.2	0.8
2922	Taurus . . .	4 15 43	+28 12.9	9.6	1.0
2923	Taurus . . .	4 30 44	+18 33.8	10.0	0.6
2924	Reticulum . .	4 31 36	—63 11.9	8.8	>2.7
2925	Perseus . . .	4 42 45	+42 7.0	8.5	1.3
2926	Dorado . . .	4 43 58	—59 59.5	8.8	>2.7
2927	Pictor	4 47 36	—50 49.6	10.0	1.5
2928	Auriga	4 49 36	+30 24.4	8.6	1.0
2929	Pictor	5 2 43	—53 16.6	9.4	1.1
2930	Auriga	5 2 47	+39 27.7	8.0	1.4
2931	Auriga	5 4 38	+42 2.0	7.4	0.6
2932	Auriga	5 5 31	+42 42.7	9.0	1.0
2933	Pictor	5 8 17	—45 41.9	9.0	1.0
2934	Dorado . . .	5 9 35	—64 26.5	9.1	>2.4
2935	Mensa	5 46 2	—75 17.3	9.5	1.1
2936	Puppis . . .	6 6 53	—50 11.2	9.0	>2.0
2937	Pictor	6 11 58	—59 53.2	9.2	1.8
2938	Pictor	6 29 1	—60 9.2	10.0	0.8
2939	Carina	6 34 23	—55 46.7	9.5	1.0
2940	Carina	6 38 36	—52 20.2	8.8	0.7
2941	Carina	7 5 7	—58 13.3	8.2	1.1
2942	Musca	12 48 46	—68 21.8	9.4	0.6
2943	Centaurus . .	12 57 33	—63 33.7	9.8	0.7
2944	Centaurus . .	13 10 45	—62 5.8	10.2	0.8
2945	Centaurus . .	13 12 28	—61 51.3	9.2	0.8
2946	Circinus . . .	13 36 15	—64 58.2	10.0	1.0
2947	Centaurus . .	13 44 2	—57 5.2	7.8	0.8
2948	Centaurus . .	13 51 34	—55 51.9	9.8	0.7
2949	Centaurus . .	13 52 0	—51 15.5	9.9	0.7
2950	Centaurus . .	14 7 22	—53 27.7	9.6	0.9
2951	Lupus	14 24 7	—48 14.6	10.5	1.0
2952	Centaurus . .	14 27 16	—60 31.4	8.7	0.6
2953	Lupus	14 29 45	—50 58.6	10.3	0.8
2954	Circinus . . .	14 40 31	—59 35.0	9.5	5.5
2955	Lupus	14 40 46	—48 54.0	9.8	0.7
2956	Circinus . . .	14 43 48	—55 30.2	9.8	0.8
2957	Triang. Aust.	14 48 1	—68 25.9	8.7	0.8
2958	Apus	14 54 59	—71 12.7	10.5	1.0
2959	Norma	15 5 4	—54 56.1	9.5	1.0
2960	Apus	15 9 39	—70 50.8	10.5	0.8
2961	Circinus . . .	15 21 24	—57 43.7	10.0	1.4
2962	Triang. Aust.	15 33 32	—65 36.1	9.7	0.8
2963	Norma . . .	15 53 14	—44 50.5	8.6	0.7
2964	Norma . . .	15 57 24	—53 38.5	10.0	1.0
2965	Triang. Aust.	16 5 17	—61 50.2	9.8	>1.7
2966	Ara	16 43 35	—60 54.4	10.3	0.8
2967	Ara	16 44 37	—61 25.0	10.0	0.6
2968	Triang. Aust.	16 45 4	—65 2.3	9.5	2.0
2969	Ara	15 48 23	—63 2.9	9.2	0.8
2970	Ara	16 51 36	—61 15.7	9.2	0.8

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2971	Draco	19 9 44	+65 56.6	8.9	0.9
2972	Draco	19 26 9	+68 43.7	9.3	0.7
2973	Cygnus . . .	19 30 22	+56 10.8	8.8	1.0
2974	Cygnus . . .	20 9 52	+49 9.0	9.2	0.8
2975	Vulpecula . .	20 50 31	+27 32.3	9.0	1.2
2976	Cygnus . . .	21 32 15	+31 39.1	7.3	1.0
2977	Cepheus . . .	21 43 26	+56 49.9	9.2	0.6
2978	Pegasus . . .	21 59 28	+27 51.6	7.2	0.6
2979	Lacerta . . .	22 0 43	+45 56.2	8.4	0.8
2980	Lacerta . . .	22 4 39	+45 15.0	7	0.6
2981	Lacerta . . .	22 14 11	+53 57.7	9.5	0.7
2982	Cepheus . . .	22 19 22	+55 27.6	8.2	0.6
2983	Pegasus . . .	22 23 44	+17 30.9	10.0	1.0
2984	Pegasus . . .	22 29 14	+24 2.5	9.5	>1.5
2985	Cepheus . . .	22 35 42	+64 19.3	8.6	0.7
2986	Lacerta . . .	22 36 54	+56 18.6	8.3	0.7
2987	Lacerta . . .	22 37 27	+55 54.6	8.8	0.8
2988	Pegasus . . .	22 40 2	+29 45.6	10.0	1.0
2989	Pegasus . . .	22 44 18	+26 49.8	8.8	0.8

Der Veränderliche χ Cygni ist bezüglich seines Lichtwechsels von H. Rosenberg untersucht worden.[1]) Die Veränderlichkeit dieses Sternes ist seit 220 Jahren bekannt, und zahlreiche Beobachtungen über dieselbe liegen vor. Eine zusammenfassende systematische Untersuchung derselben, und zwar sowohl der Helligkeitsschätzungen als der photometrischen Messungen der Lichtstärke, bringt jedoch jetzt erst die obige Arbeit. Nachdem die mühevolle Vereinigung sämtlicher vorliegender Beobachtungsreihen, soweit sie überhaupt verwendbar waren, auf eine einzige Skala gelungen war, konnten 61 Maxima der Helligkeit mit einer Genauigkeit von 1^d bis 2^d festgelegt werden, daneben 14 Minima, deren Epoche jedoch wegen Lichtschwäche des Sternes (der im kleinsten Lichte zur 13. bis 14. Größe herabsinkt, also selbst für größere Fernrohre dann unsichtbar ist) nur bis auf etwa 15^d genau ist. Im Maximum erreicht der Stern bisweilen 3.6 bis 3.3 Größe, nicht selten blieb er dann aber auch unter 6. Größe. Die Lichtkurve ist wie bei allen Veränderlichen des Miratypus in den einzelnen Perioden recht ungleich; die Helligkeitszunahme ist bisweilen rasch und dann langsamer, die Abnahme nach dem Maximum meist ziemlich gleichförmig, doch kommen auch Abweichungen vor. Eine Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge heller und schwächerer Maxima ist nicht zu erkennen, auch schwanken die Zwischenzeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden

[1]) Abhandl. d. Kais. Leopold.-Carol. Deutsche Akad. d. Naturforscher **85**. Nr. 2.

Maximis um Beträge bis zu 30^d. Die Dauer der Periode war 1845 406.94^d, sie nahm bis 1907, also in 83 Perioden bis auf 408.64^d zu, im einzelnen kamen Abweichungen bis zu 35^d vor, die keine einfache Gesetzmäßigkeit erkennen lassen. Das Spektrum des Sternes zeigt dunkle und helle Linien; ob es sich hier um einen spektroskopischen Doppelstern handelt, läßt Rosenberg unentschieden.

Über den Lichtwechsel des Veränderlichen ST Herculis haben G. Müller und P. Kempf weitere Mitteilungen gemacht.[1]) Die graphische Darstellung der Messungen, sagen die beiden Beobachter, läßt erkennen, daß etwa zu folgenden Zeiten ausgesprochene Maxima stattgefunden haben: 1902 Aug. 30 (7.52^m), 1903 April 26 (7.55^m), 1904 Jan. 30 (7.40^m), 1904 Aug. 31 (7.22^m, 1906 Okt. 17 (6.75^m). Das letzte Maximum, bei weitem das hellste von allen, ist leider nicht genau festzulegen, weil zwischen Okt. 17 und Dez. 21 keine Messung vorliegt, und daher der Lichtabfall nicht sicher bestimmt werden kann. Die einzelnen Maxima sind im Aussehen z. T. wesentlich voneinander verschieden, auch finden zwischen ihnen noch sekundäre Erhebungen statt, welche die Gleichmäßigkeit des Verlaufes noch mehr stören, so z. B. 1903 Febr. 18 (7.92^m), 1903 Nov. 1 (7.74^m), 1904 Juni 10 (7.54^m) und vermutlich 1905 März 9 (7.36^m). Was das kleinste Licht anbelangt, so ist ein Hauptminimum ziemlich sicher für 1903 Sept. 2 (8.40^m) abzuleiten. Ein anderes Hauptminimum dürfte schon vorher, etwa 1902 Dez. 31 (8.28^m) eingetreten sein, doch läßt sich dies wegen der Beobachtungslücke von 1902 Nov. 17 bis 1903 Febr. 15 nicht sicher entscheiden. Außerdem sind noch einige sekundäre Minima angedeutet, darunter besonders 1902 Aug. 19 (8.10^m) und 1904 April 17 (7.80^m). Im allgemeinen scheinen die Minima flacher zu sein als die Maxima; eine gleichmäßige Periode läßt sich auch bei ihnen nicht erkennen. Der Betrag der Helligkeitsänderung ist nicht unbeträchtlich; die Messungen geben als extreme Werte 6.75 und 8.53.

Die Farbe des Sternes ist als Gelb zu bezeichnen, also im Vergleiche zu andern irregulären Variablen nicht sehr hervortretend.

Die Helligkeitsänderungen des Sternes X Persei. Dieser Stern, dessen Ort am Himmel (für 1905) R. A. $= 3^h\,46.5^m$ D $+ 30°\,46'$ ist, gehört zu den merkwürdigsten Veränderlichen von langer Periode und ist nunmehr fast 20 Jahre hindurch von Prof. G. Müller und P. Kempf auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam regelmäßig verfolgt worden. Während dieser Zeit konnten die genannten Beobachter drei Maxima und zwei Minima in seinem Lichtwechsel feststellen. ImAnschlusse an frühere Mitteilungen veröffentlichen sie nun ihre neuern Beobachtungen seit 1899 Sept. 4 bis 1907 April 10. Die Helligkeitsmessungen sind mit einem an dem 5-zolligen

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4161.

Refraktor angebrachten Photometer ausgeführt worden, wobei der Veränderliche mit zwei benachbarten Sternen verglichen wurde, die als 6.46 und 7.66 Größe angenommen sind. Die sämtlichen Helligkeitsbestimmungen wurden zu 27 Mittelwerten zusammengezogen und nach diesen eine Kurve gezeichnet, welche den Verlauf der Helligkeitsschwankungen von X Persei von Anfang 1888 bis jetzt darstellt. „Der Stern ist danach von Anfang 1888 an wenigstens vier Jahre lang unverändert im Maximum seiner Helligkeit gewesen und hat dann Mitte 1892 angefangen abzunehmen. Der Zeitpunkt, an welchem diese Helligkeitsänderung begonnen hat, ist leider nicht genau festzustellen, da aus der Zeit von März 1891 bis Oktober 1893 keine Beobachtungen vorliegen. Der Verlauf der Abnahme, der durch eine große Zahl von Messungen sehr sicher bestimmt ist, zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Regelmäßigkeit aus; er erstreckt sich über beinahe sechs Jahre, so daß das Minimum etwa im Februar 1898 erreicht wurde. Auch dieser Zeitpunkt ist um einige Monate unsicher, da man durch ein etwas anderes Zeichnen der Kurve für das Minimum leicht einen spätern Termin in Verbindung mit einer etwas geringern Minimalhelligkeit erhalten kann.

Unmittelbar nach dem Erreichen des Minimums begann die Helligkeit des Sternes wieder anzuwachsen, und zwar mit einer solchen Geschwindigkeit, daß er in ungefähr einem Jahre wieder bis zum Maximum zurückgekehrt war, welches nach der Kurve auf Ende Mai 1899 zu setzen wäre. Im Maximum verweilte aber der Stern dieses Mal, im schroffen Gegensatze zu seinem Verhalten während der ersten Jahre, nur ganz kurze Zeit; er begann sofort wieder abzunehmen, und zwar anfangs mit genau derselben Geschwindigkeit, mit der der Aufstieg erfolgt war. Dann kehrte er plötzlich um, und nun folgte während eines Zeitraumes von zwei Jahren ein allmähliches Abnehmen in einer Reihe von kleinen Wellen, deren Form freilich mehr oder weniger hypothetisch ist, bis der Stern schließlich von Anfang 1902 ab ganz schnell bis zum Minimum herabsank, das er im Februar 1903 erreichte. Im Minimum blieb der Stern diesmal über zwei Jahre, und dann erfolgte ein erneuter Aufstieg, dessen Verlauf genau der gleiche war wie bei dem Aufstiege von 1898 bis 1899. Das Maximum hat etwa Anfang November 1906 stattgefunden, und seitdem ist der Stern bereits wieder in der Abnahme begriffen.

Der Verlauf der Helligkeitsschwankungen ist also bei X Persei bisher ganz unregelmäßig gewesen; die einzigen vergleichbaren Momente sind die beiden Aufstiege, welche sich mit einem Zwischenraum von 2720 Tagen in genau gleicher Weise abgespielt haben. Und da man, von dem ersten dieser beiden Maxima aus um denselben Betrag zurückgehend, ebenfalls wieder auf die Maximalhelligkeit kommt, so scheint diese Zahl eine gewisse Bedeutung für die Periodizität des Sternes zu besitzen.

Die Helligkeiten des Veränderlichen ergeben sich nach der Kurve für die einzelnen Maxima und Minima etwas verschieden. Indessen betragen diese Unterschiede nur wenige Hundertstel einer Größenklasse und dürfen daher nicht als verbürgt angesehen werden, auch würden sich die Differenzen leicht durch eine etwas andere Führung der Kurve ausgleichen lassen."

Zum Schlusse geben die Beobachter noch folgende Daten für die einzelnen Epochen, die sich beim Ablesen aus der gezeichneten Kurve ergeben:

Datum		Größe	Datum		Größe
1888 Febr. 25	Max.	6.31	1903 Febr. 14	Min.	6.96
1892 April 11			1905 Juni 3		
1898 Febr. 19	Min.	6.93	1906 Nov. 5	Max.	6.36
1899 Mai 25	Max.	6.34			

Der Veränderliche des Algoltypus RZ Cassiopejae ist von Prof. Hartmann auf dem Astrophys. Observatorium zu Potsdam spektroskopisch untersucht worden.[1]) Die Veränderlichkeit des Sternes wurde von Prof. G. Müller in Potsdam vor kurzem entdeckt; er ist im Maximum 6.5, im Minimum 7.8 Größe. Auch bei diesem Sterne bestätigten die Spektralbeobachtungen wieder die Tatsache, daß der Lichtwechsel durch die Verdeckung eines Sternes durch einen zweiten, mit dem er sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegt, hervorgerufen wird. Aus einer größern Reihe Beobachtungen, deren endgültige Berechnung erst erfolgen kann, wenn die Periode des Lichtwechsels genau bestimmt ist, teilt Prof. Hartmann zwei mit. Die erste, welche etwa $^1/_4$ der Periodendauer vor dem Minimum liegt, ergab die Radialgeschwindigkeit zu + 33.1 *km*, die zweite, ebenso lange nach dem Minimum, ergab —111.9 *km*. Nach einer vorläufigen Bearbeitung der Beobachtungen findet Prof. Hartmann, daß der Schwerpunkt des Systems die Geschwindigkeit V_0 = —41 *km* besitzt, der Abstand des leuchtenden Körpers vom Schwerpunkte beträgt 1 170000 *km*, woraus bei Annahme gleicher Masse für die beiden Körper, die jedes einzelnen zu 0.18 der Sonnenmasse folgt, Resultate, die durch die definitive Bahnbestimmung nur wenig Änderung erleiden dürften.

Die Nova Sagittarii wurde von E. C. Barnard beobachtet.[2]) Gemäß der photographischen Aufnahme muß dieser Stern in der Zeit zwischen 1897 Oktober 23 und 1898 März 8 aufgeleuchtet sein. Eine Photographie vom letzten Tage zeigt ihn als 4.7 Größe; er war, wie Prof. Barnard glaubt, zweifellos heller in der vorhergehenden Zeit, als wegen Nähe desselben bei der Sonne keine photographischen Aufnahmen erhalten werden konnten. Barnard beobachtete ihn seit Mitte Mai 1899, wo er etwa 11. Größe war. Seitdem hat er langsam

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4135.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4136.

an Helligkeit abgenommen und war im Juni 1907 ungefähr 15. Größe. Im Mittel war seine Helligkeit 1899 11.0 Größe, 1903 13.8 Größe, 1906 14.8 Größe, so daß es scheint, als wenn die Nova in den nächsten Jahren völlig verschwinden wird. Für den Ort der Nova am Himmel ergibt sich im Mittel aus den Harvardphotographien

$$AR = 18^h\,56^m\,12.8^s \quad D = -13°\,18'\,13'' \text{ (für 1900.0).}$$

Das Spektrum von Mira Ceti ist während der Zeit der ungewöhnlich großen Helligkeit dieses Sternes von V. M. Slipher auf dem Lowellobservatorium photographisch aufgenommen worden,[1]) und zwar am 13., 18., 21. und 24. Dezember 1906. Die erste Aufnahme zeigt das Spektrum zwischen den Wellenlängen λ 4300 und 500 und enthält nur die beiden Wasserstofflinien $H\beta$ und $H\gamma$, beide stark und hell.

Die zweite Aufnahme, von $H\delta$ bis $H\alpha$ reichend, zeigt ein scharfes kontinuierliches Spektrum und die hellen Linien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$.

Die dritte Aufnahme in der gleichen Ausdehnung zeigt verschiedene dunkle Banden, die gegen Violett hin scharf abgeschnitten sind, gegen Rot hin aber allmählich abblassen. Von den Wasserstofflinien sind $H\beta$, $H\gamma$ und $H\delta$ sämtlich hell.

Die vierte Aufnahme zeigt die Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$; $H\alpha$ ist scharf und hat gegen Violett hin eine starke, ziemlich breite dunkle Linie neben sich.

Dies ist, wie Slipher bemerkt, zum ersten Male, daß die hellen Wasserstofflinien im Spektrum von Mira oder in demjenigen irgend eines Veränderlichen von langer Periode gesehen oder photographiert wurden. Wahrscheinlich sind sie früher wegen ihrer Lichtschwäche nicht wahrgenommen worden. Endlich ist noch zu bemerken, daß unter den Absorptionslinien dieses Spektrums besonders die Linien des Vanadiums sehr stark hervortreten.

Spektroskopische Untersuchungen von Mira hat ferner J. S. Plaskette zu Ottawa angestellt,[2]) und zwar während des jüngsten Maximums der Helligkeit dieses Sternes. Hiernach erschien die Wasserstofflinie $H\beta$ außergewöhnlich hell, außerdem wurden noch acht andere helle Linien gefunden. Daneben zeigten sich zahlreiche dunkle Linien des Titans, sowie einige matte Bänder. Aus der Verschiebung der Linie $H\gamma$ ergab sich eine Eigenbewegung des Sternes zu +46.1 *km* in der Sekunde, während die dunkle Linie eine solche von +65.5 *km* anzeigte. Diese Werte stimmen gut überein mit den schon 1897 und 1898 von Campbell ermittelten Geschwindigkeiten der Radialbewegung des Sternes, welche gemäß den hellen Linien +44.4 *km*, gemäß den dunklen +62.3 *km* pro Sekunde ergaben. Sonach ist die Radialbewegung von Mira Ceti heute die nämliche wie vor zehn Jahren, und die Ursache des Unterschiedes der Geschwindigkeiten, welche die hellen und dunklen Linien zeigen, kann nicht durch Annahme eines Begleiters des Hauptsternes erklärt werden.

---

1) Astrophys. Journal 1907 Januar. p. 66.
2) Journ. of the Royal Astr. Soc. of Canada Nr. 1.

Die Spektra von R Coronae und 12 Canum. H. Ludendorff veröffentlichte[1]) die Ergebnisse der Untersuchung von spektrographischen Aufnahmen einiger Sterne, die von ihm und Dr. Eberhard mit dem photographischen Refraktor des Potsdamer Observatoriums und einem Spektrographen von drei Prismen erhalten worden sind. Diese Aufnahmen beziehen sich auf die Sterne R in der nördlichen Krone, zwölf in den Jagdhunden und 72 im Ophiuchus. Für den letztern Stern ergab sich aus der Messung der Verschiebungen, welche die Magnesiumlinie λ 4481 und die Wasserstofflinie $H\gamma$ aus der normalen Lage zeigten, eine Annäherung der Sternes in der Gesichtslinie zur Erde (Radialbewegung) von 23 *km* in der Sekunde. Die beiden andern Sterne zeigen sehr merkwürdige Spektra.

R in der nördlichen Krone ist ein veränderlicher Stern mit außerordentlich großen Lichtschwankungen, die bisweilen acht Größenklassen betragen. Eine Regelmäßigkeit in diesem Lichtwechsel läßt sich nach Ludendorffs Untersuchung aller bisherigen Beobachtungen desselben nicht erkennen, aber die normale Helligkeit, die der Stern mitunter jahrelang beibehält, entspricht etwa der 6. Größenklasse. Das Spektrum von R ist schon mehrfach beobachtet worden, so von Espin 1890, 1893 und 1899, als der Stern ziemlich seine normale Helligkeit besaß. Espin glaubte, zeitweise helle Linien im Spektrum zu sehen, doch äußert er sich in dieser Hinsicht sehr vorsichtig. Mit größerer Sicherheit glaubte er, im Jahre 1890 das Auftreten und Wiederverschwinden zweier breiter Absorptionsbanden beobachtet zu haben; ähnliches bemerkte er 1893. 1890 scheint Espin, abgesehen von den beiden Banden, Absorptionslinien nicht wahrgenommen zu haben, dagegen gelang ihm dies 1893 und 1899.

Die frühesten photographischen Aufnahmen des Spektrums von R sind auf der Harvardsternwarte zu Cambridge 1886 erhalten worden, dann 1888, zu Zeiten, als der Stern seine normale Helligkeit hatte. Später hat Prof. Frost auf der Yerkessternwarte das Spektrum photographisch aufgenommen, und zwar 1903 Juli 24 und 1905 August 25. Aus den Linienverschiebungen auf diesen Spektrogrammen ergab sich ein Entfernen des Sternes von der Sonne von im Mittel 13.5 *km* pro Sekunde. „Das Spektrum war an beiden Tagen dem von α Persei ähnlich. Nach der Lichtkurve war der Veränderliche 1903 Juli 24 7.3 Größe und in langsamer Helligkeitszunahme begriffen, 1905 August 25 etwa 6.5 Größe und ebenfalls in Helligkeitszunahme befindlich. Die Beobachtungen von Frost sind dadurch besonders wertvoll, daß sie zu Zeiten angestellt sind, zu welchen der Stern sich nicht in seiner normalen Helligkeit befand, sondern etwas schwächer war.

Die Dr. Ludendorff zur Verfügung stehenden Spektrogramme von R Coronae sind alle zur Zeit normaler Helligkeit gewonnen worden. „Es sind zunächst fünf mit Spektrograph IV aufgenommene

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4129.

Platten; in Anbetracht der Lichtschwäche des Objektes mußte der Spalt ziemlich weit geöffnet und sehr lange belichtet (3^h 10^m bei der ersten, 4^h bei den übrigen Platten) werden. Sämtliche Platten sind trotzdem schwach belichtet, ließen sich aber ziemlich gut ausmessen.

Es konnten auf jeder Platte etwa 30 bis 40 Linien zur Ableitung der Radialgeschwindigkeit benutzt werden. Die (fünf) Werte stimmen recht gut überein und lassen keine Veränderung der Radialgeschwindigkeit erkennen. Bei der Beurteilung der Genauigkeit ist zu beachten, daß bei den langen Belichtungen sich schon recht wohl Biegungen im Spektrographen bemerkbar machen können, und daß, wie erwähnt, alle Spektren schwach belichtet sind.

Im Mittel aus den fünf Platten ergibt sich als Radialgeschwindigkeit $v = +24.6$ *km* pro Sekunde."

„Diese Zahl," sagt Dr. Ludendorff, „weicht recht stark von dem Frostschen Werte ab. Frost schätzt, wie er brieflich mitteilte, die Unsicherheit der Einzelwerte der Radialgeschwindigkeit auf 5 *km*. Größer dürfte jedenfalls durchschnittlich die Unsicherheit der von mir hergeleiteten Einzelwerte auch nicht sein. Man könnte also vermuten, daß die Radialgeschwindigkeit von R Coronae während seiner normalen Helligkeit zwar konstant ist, aber Änderungen während des Lichtwechsels erleidet. Allerdings möchte ich diese Vermutung nur mit allem Vorbehalte aussprechen, da bei so langen Belichtungen, wie sie sowohl Frost wie wir haben anwenden müssen, das Auftreten starker systematischer Fehler nicht ausgeschlossen scheint."

Auf den fünf gemessenen Spektrogrammen hat Dr. Ludendorff keine Änderungen im Aussehen des Spektrums wahrnehmen können; auf allen hat das Spektrum große Ähnlichkeit mit dem von α Persei. Indessen konnte er doch einen sehr wesentlichen Unterschied in den Spektren beider Sterne feststellen: In dem von R Coronae fehlt nämlich merkwürdigerweise die Wasserstofflinie $H\gamma$. Auf keiner der Platten ist eine Spur von dieser Linie vorhanden, weder als Emissions-, noch als Absorptionslinie. Ebenso fehlt $H\gamma$ auch auf zwei andern Spektrogrammen von R Coronae (1904 Juli 11 und 12), welche zu stark unterbelichtet sind, als daß sie hätten ausgemessen werden können. Die Spektralbezirke um $H\beta$ und $H\delta$ sind auf den mit Spektrograph IV aufgenommenen Platten nicht mehr enthalten.

Auf eine Anfrage teilte ihm Herr Prof. Frost mit, daß auch auf den beiden von ihm vermessenen Platten die Linie $H\gamma$ fehlt; ebenso scheint auch $H\beta$ zu fehlen, was sich aber nicht mit völliger Sicherheit entscheiden ließ. Die zweite Platte reicht über $H\delta$ hinaus, und Prof. Frost konnte feststellen, daß diese Linie ebenfalls fehlt. Dr. Ludendorff bemerkt hierzu: „Um das Verhalten der Wasserstofflinien außer $H\gamma$ auch unserseits zu untersuchen, haben Dr. Eberhard und ich mit dem Spektrographen D (ein Prisma, kleine Dispersion) noch weitere Aufnahmen von R Coronae gemacht, und

zwar 1906 Juli 29 (90^m Belichtung) und Juli 30 (3^h 40^m Belichtung). Die Spektralgegend um $H\beta$ ist auf diesen Platten nicht enthalten. Auf beiden Aufnahmen fehlen $H\gamma$ und $H\delta$; auf der zweiten, ziemlich weit ins Ultraviolett reichenden Aufnahme ist die Umgebung von $H\zeta$ noch schwach sichtbar, und diese Linie scheint ebenfalls zu fehlen. Über das Verhalten von $H\varepsilon$ kann nichts gesagt werden, da diese Linie durch H überdeckt wird; H und K sind ziemlich breit ähnlich wie bei α Persei, und überhaupt hat das Spektrum von R Coronae, abgesehen von dem Fehlen der Wasserstofflinien, auch im Ultraviolett die größte Ähnlichkeit mit dem dieses Sternes."

„In bezug auf den Charakter des Spektrums stimmen also die von Frost und die von mir untersuchten Platten völlig überein, obwohl die von Frost nicht in der Zeit der normalen Helligkeit aufgenommen sind. Ob die von unsern Resultaten abweichenden Ergebnisse, die auf dem Harvardobservatorium und von Espin erhalten wurden, richtig sind, muß die Zukunft lehren. Man müßte in diesem Falle große Änderungen in dem Spektrum annehmen, wie sie ja bei dem merkwürdigen, noch ganz rätselhaften Lichtwechsel vielleicht nicht unwahrscheinlich sind. Anderseits ist zu bedenken, daß die Beobachtungen von Espin und vom Harvardobservatorium alle zur Zeit der normalen Helligkeit angestellt sind, wo ich das Spektrum stets unverändert gefunden habe, und daß diese Beobachtungen mit für so schwache Objekte ziemlich unzureichenden Mitteln ausgeführt sind. Daß das höchst eigentümliche Fehlen der Wasserstofflinien irgendwie mit der Ursache der Helligkeitsänderungen zusammenhängt, darf wohl angenommen werden. Es wäre sehr wünschenswert, wenn das Spektrum von R Coronae möglichst häufig untersucht würde, namentlich auch zu Zeiten, wo der Stern sich nicht in seiner normalen Helligkeit befindet."

12 in den Jagdhunden. Dieser unter dem Namen Herz Karls bekannte Stern ist ein Doppelstern 3.2 und 5.7 Größe, der keine Änderung in der Stellung des Begleiters zeigt. Er verdient bezüglich seiner Farbe aufmerksame Verfolgung, da sich über diese bei den einzelnen Beobachtern beträchtliche Differenzen zeigen. Das Spektrum des Hauptsternes zeichnet sich zunächst dadurch aus, daß die Mehrzahl der Linien außerordentlich schwach und schmal ist. „Auf der ganzen hier in Betracht kommenden Strecke des Spektrums befinden sich nur zwei auffällige Linien, nämlich die Mg-Linie λ 4481 und $H\gamma$. Erstere ist schmal und nicht sehr kräftig, letztere auf den stärker belichteten Platten ebenfalls schmal, aber doch sehr viel breiter und auch viel kräftiger als die Mg-Linie. Außer diesen beiden Linien treten noch zahlreiche sehr schwache, vielfach an der Grenze der Sichtbarkeit befindliche Linien auf; da sie aber fast ausnahmslos sehr schmal sind, so lassen sie sich verhältnismäßig gut messen. Sie können meist sicher mit Linien des Rowlandschen Sonnenspektrums identifiziert werden, und zwar hauptsächlich mit solchen des Eisens, Titans, Mangans, Calciums und Chroms."

Die Ausmessungen der Platten ergaben Radialgeschwindigkeiten zwischen —3.0 und +2.9 *km* pro Sekunde (—bezeichnet Annäherung des Sternes, + Entfernung), im Mittel —0.3 *km*. „Bei der Ausmessung der Platten,“ berichtet Dr. Ludendorff, „zeigte sich die auffällige Tatsache, daß auf verschiedenen Platten häufig ganz verschiedene Linien gemessen wurden. Bei der großen Schwäche der Mehrzahl der Linien glaubte ich zuerst, daß diese Erscheinung durch die Verschiedenheiten der Schwärzung, und überhaupt des Aussehens der Spektra zu erklären sei, und in vielen Fällen ist diese Erklärung auch ohne Zweifel richtig; aber eine Vergleichung gerade der besten Platten bewies ziemlich sicher, daß die relativen Intensitäten einer Anzahl von Linien wirklich veränderlich sind. Ich möchte einige Beispiele anführen, die bei einer Vergleichung der besten Platten unter dem Mikroskop besonders ins Auge fielen:

Die Chromlinie λ 4351.93 ist auf den Platten Nr. 1071 und Nr. 1641 sehr deutlich vorhanden, auf den ebenso guten Platten Nr. 1425, 1653, 1836 ist sie nicht sichtbar, oder doch ihre Existenz höchst zweifelhaft, auf Platte Nr. 1070 scheint an ihrer Stelle eine feine, äußerst schwache Doppellinie zu stehen, die ich aber nicht für reell halte.

Die Eisenlinie λ 4472.88 ist auf Platte Nr. 1836 deutlich, auf Nr. 1834 undeutlich, auf Nr. 1425, 1635, 1641 überhaupt nicht vorhanden.

Die Eisenlinie λ 4238.97 ist auf Platte Nr. 543 deutlich, auf Platte Nr. 1070 und 1071 dagegen nicht vorhanden.

Auch die Mg-Linie λ 4481 ist auf verschiedenen Platten von etwas verschiedenem Aussehen, bald ist sie schärfer, bald etwas weniger scharf. Irgendwelche Gesetzmäßigkeiten habe ich in den Veränderungen der Linien nicht finden können. Im ganzen konnte ich auf den zwölf Platten gegen 60 verschiedene Linien messen und identifizieren. Zu bemerken ist, daß Lockyer in dem Spektrum von α Andromedae, welches mit dem von 12 Canum venaticorum Ähnlichkeit besitzt, ebenfalls Änderungen in den Intensitäten der Linien gefunden hat.“

Entdeckungen und Vermessungen neuer Doppelsterne auf der Licksternwarte. R. G. Aitken gab[1]) das 10. Verzeichnis von Doppelsternen, die am 36- und am 12-zolligen Refraktor der Licksternwarte von ihm entdeckt und vermessen worden sind. Dieselben sind in dem folgenden Kataloge aufgeführt. In demselben bezeichnet A die fortlaufende Nummer der von Aitken entdeckten Doppelsterne, die folgenden Kolumnen enthalten die Rektaszensionen und Deklinationen des Hauptsternes für 1900.0, das Datum der Beobachtung, den Positionswinkel, die scheinbare Distanz in Bogensekunden und die Größenklasse des Hauptsternes und seines Begleiters. Die letzte Kolumne enthält Bemerkungen über die Messungen an Sternen mit mehrern Begleitern und andere Verweise.

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 109.

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1251	0 00 26	+54 43	1906.59	333.8	4.40	8.9—14.0	
1252	01 18	+51 40	1906.79	189.4	0.58	9.6—12.0	
1253	02 26	+52 13	1906.78	85.7	2.34	7.7—12.8	
1254	08 23	+43 38	1906.75	271.7	1.41	9.2— 9.8	
1255	09 10	+43 17	1906.89	347.7	4.02	8.0—10.8	
1256	10 03	+43 39	1906.78	4.0	0.13	7.2— 7.4	A u. B.
			1906.77	344.8	18.70	—13.0	AB u. C.
			1906.77	133.6	27.60	—14.5	AB u. D.
1257	29 10	+41 36	1906.74	290.4	1.89	8.9—13.8	
1258	48 35	+53 59	1906.56	206.8	0.56	8.9— 9.7	
1259	0 50 17	+53 34	1906.56	57.5	0.21	9.0— 9.1	
1260	1 07 39	+29 10	1905.95	255.4	0.22	9.3— 9.5	
1261	09 33	+30 40	1905.94	313.1	0.49	9.2— 9.5	
1262	19 21	+42 46	1906.83	345.6	0.28	9.4— 9.4	
1263	19 30	+43 34	1906.77	210.0	3.78	8.9—11.5	
1264	22 20	+54 40	1906.62	301.9	0.31	9.3— 9.9	
1265	31 07	+54 41	1906.59	348.2	0.51	9.7—10.0	B. u. C.
			1906.59	278.6	59.05	8.6—	A u. BC.
1266	32 54	+54 05	1906.71	236.8	0.20	7.5— 8.5	
1267	34 10	+54 26	1906.69	341.2	0.33	7.9— 8.5	
1268	35 23	+52 52	1906.71	275.5	0.19	9.4— 9.4	
1269	42 13	+52 43	1906.71	213.5	0.41	9.5—10.0	
1270	1 49 13	+53 50	1906.71	216.5	0.63	8.9— 9.1	
1271	2 10 10	+53 00	1906.87	349.7	4.51	8.8—12.0	
1272	10 48	+56 11	1906.87	24.8	1.24	8.5—10.7	
1273	11 03	+55 46	1906.87	336.2	3.64	8.9—12.5	
1274	12 40	+53 11	1906.90	254.0	0.35	9.0—10.5	
1275	22 02	+56 10	1906.90	24.3	0.76	9.5— 9.5	
1276	26 10	+55 53	1906.90	200.3	0.88	8.9— 9.8	
1277	31 11	+45 39	1906.74	2.3	3.95	9.0—12.0	
1278	31 38	+45 38	1906.74	283.2	0.23	8.6— 8.7	
1279	33 17	+54 53	1906.90	304.0	2.01	9.1— 9.4	
1280	34 33	+55 03	1906.87	338.9	0.30	7.6— 8.8	
1281	44 54	+45 35	1906.76	189.0	0.45	9.0—10.5	
1282	50 03	+55 14	1906.68	188.5	0.74	9.0—11.0	
1283	2 54 16	+46 51	1906.77	109.0	2.35	8.6 13.5	
1284	3 01 26	— 0 59	1906.01	33.4	4.00	8.9—11.2	
1285	11 18	— 0 48	1906.01	293.2	1.70	9.2—10.0	
1286	16 22	+54 13	1906.68	227.7	0.61	10.0—10.0	B u. C.
			1906.68	141.9	95.75	8.5—	A u. BC.
1287	18 10	+40 24	1906.93	93.8	2.78	7.5—13.5	
1288	18 12	+41 37	1906.93	8.5	0.80	8.8— 9.1	
1289	36 31	+52 09	1906.68	10.1	0.37	9.4— 9.5	
1290	40 17	+54 45	1906.70	223.2	0.58	8.5—12.6	
1291	42 59	— 0 52	1906.10	43.0	0.76	9.4—10.0	ein entfernter Stern bildet das Doppelsystem h=668
1292	45 45	— 0 28	1906.10	121.9	0.56	8.2—10.7	
1293	46 07	+52 59	1906.68	216.3	0.32	8.0— 8.4	
1294	3 57 58	+52 48	1906.68	195.8	1.68	8.0—11.7	
1295	4 01 03	— 1 39	1906.10	153.4	0.95	9.2—10.4	
1296	01 56	+52 25	1906.72	277.9	0.44	9.4—10.2	
1297	02 33	+52 54	1906.74	349.3	0.33	9.0—11.2	
1298	05 44	+25 43	1906.37	140.5	1.33	8.4—10.2	
1299	16 41	+45 34	1906.75	175.3	2.31	9.0—13.1	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positions-winkel	Distanz	Größen-klasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1300	4 22 19	+53 30	1906.74	143.2	0.76	9.0—11.5	
1301	26 03	+44 54	1906.75	219.8	2.70	8.5—13.3	
1302	48 41	+44 22	1906.74	11.0	0.63	9.5—10.3	
1303	4 51 54	+53 18	1906.76	213.6	0.17	8.5— 8.5	
1304	5 06 01	+54 38	1906.85	84.5	1.66	8.6— 9.5	
1305	14 02	+56 27	1906.75	30.3	4.90	8.8—13.0	
1306	18 17	+44 18	1906.75	226.2	0.25	8.1— 9.1	
1307	28 56	+58 29	1906.86	131.7	4.02	8.4—12.2	
1308	29 13	+59 46	1906.89	101.6	4.82	9.0—14.5	
1309	38 34	+59 36	1906.89	351.2	0.30	9.2— 9.9	
1310	38 45	+56 28	1906.84	153.2	4.84	9.0—13.2	
1311	38 55	+57 46	1906.84	317.1	2.53	9.5— 9.5	
1312	42 32	+56 20	1906.87	54.8	2.98	9.0—12.8	
1313	42 42	+56 22	1906.89	137.0	0.66	9.1— 9.7	
1314	48 52	+58 30	1906.90	132.1	0.99	9.0—13.7	
1315	54 26	+58 13	1906.90	350.0	0.28	9.4— 9.4	
1316	5 55 59	+32 46	1906.30	188.2	4.60	8.4—14.2	
1317	6 00 45	+58 43	1906.90	175.8	0.45	9.1—10.4	
1318	03 31	+56 12	1906.87	20.2	3.95	8.8—12.0	
1319	14 59	+46 14	1906.77	139.1	0.65	6.9— 9.3	
1320	32 00	+59 00	1906.90	240.4	0.35	9.5— 9.5	
1321	44 43	+57 57	1906.87	309.6	0.29	9.4— 9.4	
1322	46 00	+56 53	1906.84	202.6	0.32	9.5— 9.8	
1323	50 20	+44 34	1906.77	353.5	1.65	9.0—10.5	
1324	55 45	+56 35	1906.83	316.4	0.25	9.3— 9.3	A u. B.
			1906.82	137.2	30.20	8.5—	AB u. C
1325	6 59 22	+59 24	1906.00	313.4	2.83	8.8—11.2	= Σ 1002.
1326	7 04 27	+46 11	1906.81	359.9	0.29	9.0—10.3	
1327	07 49	— 9 41	1906.03	188.6	2.26	8.2—12.2	
1328	08 01	— 9 32	1906.03	346.1	2.78	8.9—11.2	
1329	11 29	+58 47	1906.00	291.0	1.01	8.9—11.7	
1330	40 39	+53 25	1906.88	124.4	0.40	9.2— 9.4	
1331	40 50	+53 55	1906.88	249.8	2.95	8.5—12.5	
1332	59 08	+56 52	1905.95	31.9	4.96	9.0—13.7	
1333	7 59 18	+54 24	1906.83	248.4	0.19	8.5— 8.5	
1334	8 00 03	+56 44	1905.95	245.5	4.94	9.0—13.2	
1335	02 17	+56 06	1906.00	198.4	1.43	7.7 11.3	
1336	20 28	— 1 47	1906.14	224.2	4.56	9.0—10.5	
1337	22 48	+59 40	1906.03	231.5	2.84	9.0—11.2	
1338	25 43	— 0 27	1906.14	27.4	3.36	9.0—10.5	
1339	30 08	— 9 04	1905.47	196.0	1.81	9.0—11.0	
1340	8 56 24	— 6 26	1905.58	360.0	0.49	8.4—10.5	
1341	9 17 55	+53 49	1906.96	47.8	2.01	8.0—12.2	
1342	17 58	— 9 25	1906.22	28.6	0.15	7.0— 7.0	
1343	19 02	+54 10	1906.96	324.2	0.50	9.0— 9.5	
1344	44 34	—10 05	1906.22	180.1	0.27	9.4— 9.6	
1345	52 09	— 8 54	1906.22	226.6	3.92	8.4—11.7	
1346	52 26	+53 44	1906.96	150.7	0.42	8.5— 9.2	
1347	9 56 33	+58 01	1906.85	23.0	0.39	8.6— 9.7	
1348	10 09 57	+58 07	1906.86	204.8	1.70	9.1—12.2	B u. C.
			1906.82	318.4	8.95	9.1— 9.1	A u. B
1349	14 03	+59 06	1906.86	166.2	2.58	9.0—12.0	= h 1176.
1350	26 17	— 1 56	1906.18	323.0	2.60	9.1— 9.4	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklassen	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1351	10 35 34	— 1 40	1906.24	23.5	0.45	9.3— 9.5	
1352	46 50	+58 14	1906.10	31.6	1.32	9.0—12.0	
1353	11 07 46	+55 58	1906.16	199.6	0.49	7.7— 8.4	
1354	21 37	+55 46	1906.30	128.2	1.12	7.7—11.2	
1355	22 34	+56 13	1906.30	359.6	1.44	7.7—12.2	
1356	35 49	— 2 14	1906.36	270.8	1.31	8.7—10.8	
1357	11 45 20	— 1 52	1906.36	314.6	1.77	8.0—12.5	
1358	12 00 32	+57 32	1906.32	226.2	0.80	9.2— 9.2	
1359	13 06 30	+31 22	1906.50	120.8	0.29	8.9—10.3	A u. B.
			1906.47	247.8	8.46	8.8—11.0	AB u. C
1360	13 49	+59 17	1906.32	129.4	0.58	8.0—12.2	= Σ 1729
1361	23 36	+56 33	1906.32	36.2	3.38	8.7—14.5	
1362	13 25 11	+56 45	1906.32	114.6	1.98	7.5—10.7	
1363	14 03 59	+29 38	1906.02	225.9	2.07	9.0—14.7	
1364	49 14	+34 51	1906.54	289.8	3.80	9.1—10.2	
1365	14 55 42	+34 34	1906.54	235.0	1.75	9.0—10.5	
1366	15 12 14	+34 40	1906.57	78.1	3.72	8.8—10.7	
1367	20 26	+36 40	1906.57	135.1	0.64	9.4— 9.5	
1368	24 36	+73 46	1906.45	259.6	5.59	8.1—13.0	
1369	24 43	+31 22	1906.44	141.3	3.90	9.2—10.0	
1370	15 53 24	+21 11	1906.57	62.8	0.46	8.9—10.8	
1371	17 37 52	+21 06	1906.57	104.0	0.30	8.5— 9.5	
1372	40 24	+70 23	1905.48	86.4	0.97	10.0—11.5	
1373	54 34	+70 10	1905.48	337.3	2.54	9.4—12.7	
1374	55 50	+21 54	1906.54	10.3	0.73	8.6—10.3	
1375	17 56 09	+21 12	1906.54	92.5	1.58	9.2—10.2	
1376	18 11 04	+52 40	1906.75	38.2	0.28	9.3— 9.3	
1377	31 41	+52 16	1906.42	269.3	0.15	6.0— 6.0	A u. B.
			1906.37	271.9	25.60	5.5— 8.5	AB u. C=Σ 2348
1378	36 12	+53 48	1906.75	106.1	0.39	8.5— 9.5	A u. B.
			1906.77	304.7	9.13	—14.5	AB u. C.
1379	36 29	+52 38	1906.44	210.8	1.73	9.2— 9.5	
1380	37 10	+55 54	1906.46	14.0	0.75	9.3— 9.7	
1381	38 46	+36 10	1906.49	302.3	0.67	9.3— 9.4	
1382	44 57	+53 49	1906.41	226.0	4.46	9.0—12.2	
1383	49 21	+36 07	1906.49	295.7	1.21	8.6—10.7	
1384	49 59	+48 54	1906.80	39.3	0.58	9.4— 9.7	
1385	51 52	+35 49	1906.50	281.0	0.45	8.5—10.4	A u. B.
			1906.51	304.8	20.50	—13.0	A u. C.
1386	56 38	+49 27	1906.80	35.4	2.00	8.4—12.7	
1387	57 16	+54 42	1906.75	2.0	0.39	8.7— 8.7	
1388	18 58 44	+53 02	1906.75	260.1	4.92	8.9—13.4	
1389	19 02 59	+55 44	1906.76	251.4	0.25	9.5— 9.5	
1390	05 25	+48 55	1906.80	263.4	4.40	7.7—12.5	
1391	08 27	+54 19	1906.75	60.3	0.32	8.5— 9.2	
1392	13 44	+54 47	1906.51	93.0	0.20	7.8— 8.1	
1393	16 21	+53 47	1906.39	239.7	0.64	7.7— 9.3	
1394	17 50	+53 22	1906.39	176.0	1.41	8.6—12.5	
1395	19 15	+55 32	1906.51	249.1	1.03	8.4—12.7	
1396	26 58	+54 36	1906.51	293.3	1.69	8.5—11.2	
1397	28 33	+38 36	1906.52	93.6	1.85	9.4— 9.4	
1398	28 38	+53 49	1906.51	56.8	1.40	8.5—10.7	
1399	30 20	+54 20	1906.51	79.9	1.35	9.1—10.0	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1400	19 32 12	+39 48	1906.53	289.7	0.31	8.0—10.0	
1401	36 51	+53 23	1906.73	178.3	3.52	9.0—11.2	
1402	37 48	+38 37	1906.51	215.2	3.02	9.2— 9.7	
1403	37 53	+55 31	1906.45	187.1	0.22	8.9— 9.1	
1404	42 28	+39 39	1906.53	322.1	0.21	7.5— 8.2	A u. B.
			1906.51	272.6	19.70	—13.0	AB u. C.
			1906.51	79.2	21.90	—12.0	AB u. D.
1405	44 14	+38 18	1906.52	220.9	0.33	9.1— 9.7	
1406	47 26	+38 55	1906.52	269.3	1.05	8.9—11.5	
1407	52 33	+38 29	1906.52	150.8	1.02	9.3— 9.4	
1408	52 48	+37 34	1906.57	182.8	1.48	9.0—12.2	
1409	54 24	+38 24	1906.53	33.9	0.49	8.4—10.0	
1410	55 02	+52 35	1906.39	198.7	1.23	9.1— 9.9	
1411	58 24	+38 23	1906.52	203.6	1.09	8.5—12.2	A u. B.
			1906.51	207.6	10.23	—13.0	A u. C.
			1906.51	117.8	22.90	—13.5	A u. D.
1412	19 59 45	+37 58	1906.57	215.9	0.72	8.8—11.5	
1413	20 00 52	+36 24	1906.57	138.4	2.21	9.1— 9.9	
1414	01 56	+37 29	1906.49	22.3	0.21	9.5—10.2	
1415	03 14	+37 01	1609.49	233.6	3.74	8.8—14.0	
1416	03 58	+38 20	1906.57	42.0	4.70	7.9—10.8	
1417	06 05	+53 03	1906.39	167.0	0.62	8.0—12.5	
1418	08 01	+38 35	1906.57	326.6	2.98	7.5—11.7	
1419	10 21	+36 48	1906.49	25.9	0.54	9.0—11.0	
1420	10 36	+36 38	1906.49	80.0	0.45	9.5— 9.5	
1421	11 10	+38 09	1906.57	12.6	1.63	9.0—10.7	
1422	11 41	+54 26	1906.78	348.4	2.29	8.8—13.5	
1423	13 17	+37 07	1906.49	128.4	4.56	8.1—11.8	
1424	14 47	+39 31	1906.55	50.1	0.96	8.9—12.3	
1425	15 11	+37 58	1906.51	296.7	0.15	8.1— 8.1	A u. B.
			1906.50	311.0	8.78	7.5—13.5	AB u. C.
1426	15 58	+38 01	1906.51	258.9	3.31	8.8—14.3	
1427	16 38	+39 05	1906.55	111.9	0.25	7.0— 9.0	A u. B.
			1906.54	286.3	3.26	7.0— 9.0	AB u. C = Σ 2668
1428	21 05	+52 12	1906.39	216.8	0.26	8.1— 9.0	
1429	23 07	+54 49	1906.73	196.8	0.71	8.0— 9.0	
1430	26 42	+38 13	1906.63	135.0	3.05	8.4—13.3	
1431	29 59	+38 14	1906.63	35.8	0.75	8.2— 9.3	
1432	35 49	+36 37	1906.78	120.5	0.43	9.3— 9.5	
1433	38 20	+39 53	1906.61	25.3	0.74	9.0—11.0	
1434	44 14	+38 55	1906.61	256.5	2.30	6.7—13.7	
1435	48 42	+36 32	1906.55	341.3	0.38	8.6— 8.9	
1436	52 47	+38 35	1906.54	42.4	0.47	9.5— 9.6	
1437	53 35	+52 26	1906.48	326.4	0.73	9.0—12.2	
1438	57 10	+39 36	1906.54	224.1	0.25	8.5— 8.5	
1439	20 58 41	+53 58	1906.53	249.8	4.14	9.0—12.8	A u. B.
			1906.59	344.0	15.70	9.0—13.0	A u. C.
1440	21 11 26	+39 52	1906.51	213.9	1.12	9.0—10.0	
1441	13 11	+39 36	1906.51	353.3	0.27	9.1— 9.3	
1442	22 25	+38 43	1906.55	271.3	0.96	9.0—11.0	
1443	28 48	+38 38	1906.62	203.6	0.36	8.5— 9.3	
1444	35 41	+37 22	1906.62	277.9	1.05	9.4— 9.4	
1445	35 49	+39 04	1906.62	280.3	1.46	6.5—12.5	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° '		°	''		
1446	21 35 50	+39 14	1906.62	43.4	1.13	9.4—10.2	
1447	40 21	+39 05	1906.62	301.5	0.36	9.5— 9.7	
1448	45 08	+37 48	1906.62	333.2	4.55	9.0—13.6	
1449	51 22	+38 21	1906.55	24.0	0.40	9.1— 9.1	
1450	54 39	+37 27	1906.54	189.2	3.90	8.5—12.5	
1451	56 54	+38 46	1906.73	351.8	0.11	7.3— 7.6	
1452	21 57 42	+36 58	1906.55	281.7	1.37	9.0—11.8	
1453	22 01 08	+38 29	1906.55	314.1	0.42	9.1— 9.5	
1454	01 52	+53 53	1906.73	210.2	1.70	9.1— 9.9	
1455	05 58	+39 35	1906.59	103.2	0.84	9.0—10.7	
1456	07 32	+53 17	1906.47	178.2	6.24	9.0—10.8	A u. B.
			1906.47	255.8	3.34	10.8—10.8	B u. C.
1457	07 40	+52 30	1906.46	285.2	0.19	8.8— 9.1	
1458	08 41	+36 23	1906.59	333.3	0.62	9.2—10.0	
1459	10 42	+55 19	1906.73	328.1	1.34	8.9—12.0	
1460	14 27	+55 37	1906.73	197.5	1.54	8.5—13.7	
1461	15 27	+55 37	1906.73	89.5	1.45	9.5— 9.9	
1462	17 34	+52 54	1906.52	285.3	0.45	9.3— 9.7	
1463	21 54	+56 00	1906.73	339.9	0.92	8.7— 9.8	
1464	22 33	+53 36	1906.49	98.0	4.72	7.5—14.0	
1465	23 32	+52 27	1906.52	153.2	0.86	8.0—11.5	
1466	26 19	+38 52	1906.67	164.5	0.79	9.5—10.0	
1467	26 24	+39 36	1906.54	341.5	0.40	8.9— 9.4	
1468	30 11	+53 34	1906.55	255.9	0.26	7.7— 7.7	Der Stern C von Σ 2922 u. schwacher Begleiter.
1469	31 26	+39 07	1906.59	257.4	1.40	9.7—14.4	
1470	31 40	+52 41	1906.55	269.3	0.17	8.7— 8.7	
1471	31 56	+39 52	1906.56	22.1	1.92	8.5—14.2	
1472	32 35	+36 41	1906.68	275.3	0.31	9.1— 9.8	
1473	35 41	+54 10	1906.71	285.6	1.24	9.0— 9.8	
1474	41 03	+54 27	1906.71	163.7	0.33	9.4— 9.5	
1475	41 59	+54 38	1906.71	197.6	2.34	8.8—12.9	
1476	49 24	+36 22	1906.67	277.1	0.72	9.1— 9.9	
1477	53 38	+54 07	1906.72	333.4	0.70	8.3—10.2	
1478	55 36	+36 49	1906.62	39.7	3.66	8.2—12.0	
1479	22 56 24	+54 40	1906.72	121.2	5.15	8.5—13.0	
1480	23 06 57	+36 58	1906.62	247.3	0.47	9.2— 9.7	
1481	09 00	+38 59	1906.62	128.0	0.38	9.2— 9.3	
1482	11 42	+53 52	1906.73	283.8	1.28	9.0— 9.0	
1483	18 52	+37 06	1906.67	307.6	0.78	9.2— 9.4	
1484	18 56	+52 25	1906.72	104.6	4.34	9.0—13.2	A u. B.
			1906.71	315.7	10.58	9.0—14.7	A u. C.
1485	22 10	+54 01	1906.73	221.2	0.49	8.6— 9.4	
1486	23 54	+54 51	1906.73	253.8	0.65	9.0—10.3	
1487	24 21	+40 09	1906.67	187.7	0.88	8.6— 9.2	
1488	27 14	+54 07	1906.62	75.2	2.73	9.0—14.6	
1489	27 49	+49 16	1906.78	18.4	0.48	9.1—10.0	
1490	28 42	+51 37	1906.78	206.7	0.86	8.2—12.2	
1491	31 31	+53 55	1906.57	281.4	0.86	8.4—10.0	
1492	32 15	+38 54	1906.68	212.0	1.55	9.3—11.0	
1493	33 22	+54 41	1906.62	214.1	0.20	8.8— 9.1	
1494	37 26	+38 30	1906.68	188.9	0.33	9.1— 9.5	
1495	37 36	+54 03	1906.57	158.5	0.49	8.7— 8.9	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1496	23 47 47	+38 08	1906.71	172.1	0.33	8.6—10.3	A u. B.
			1906.68	250.4	15.57	8.3— 9.5	AB u. C
1497	52 46	+53 01	1906.62	228.1	1.79	9.1—10.6	= Σ 3043.
1498	54 27	+54 08	1906.59	67.6	0.38	8.3— 8.6	
1499	57 28	+55 01	1906.62	207.8	0.99	8.3— 9.5	
1500	23 58 11	+52 59	1906.62	225.8	0.32	9.4— 9.5	

W. J, Hussey veröffentlichte den 12. Katalog der von ihm auf der Lickseternwarte entdeckten Doppelsterne.[1]) Derselbe ist in folgendem Verzeichnis wiedergegeben.

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1201	0 00 21	+33 33	1904.614	310.4	0.16	7.6— 9.0	
			1905.808	314.6	0.17		
1202	15 53	+35 06	1905.93	204.0	1.10	9.2— 9.7	
1203	24 10	—18 22	1906.80	192.3	1.54	9.3—10.0	
1204	40 39	—21 27	1906.80	266.8	1.24	8.8—11.8	
1205	46 33	—19 03	1906.80	103.6	0.52	9.4— 9.5	
1206	50 23	—20 41	1906.80	102.7	1.69	9.2—10.0	
1207	50 41	+33 20	1904.658	173.8	0.30	8.8— 8.8	
			1905.852	174.0	0.31		
1208	51 58	—15 40	1904.825	201.4	0.93	8.8— 9.0	
			1906.780	199.7	0.80		
1209	1 05 00	+16 04	1904.784	218.8	0.81	9.0—12.5	Der Hauptstern v. Σ 94
			1905.578	217.6	0.81		
1210	36 20	+49 30	1902.712	68.3	0.14	9.5— 9.5	
			1906.553	63.8	0.20		
1211	40 00	—20 39	1906.90	115.1	3.12	8.6—11.7	
1212	45 39	—24 16	1904.784	198.9	4.72	8.4—13.0	
			1906.849	198.0	4.63		
1213	46 36	+12 56	1904.708	143.6	0.15	9.0— 9.0	
			1905.669	152.4	0.18		
1214	1 47 11	+14 43	1904.784	228.9	3.54	9.0—13.0	
			1905.669	227.5	3.22		
1215	2 07 09	+15 20	1904.784	329.4	1.62	9.2—12.5	
			1905.669	326.2	1.30	—11.0	
1216	2 32 18	—11 38	1900.896	249.3	0.31	8.0— 9.5	
			1906.87	261.6	0.48		
1217	3 53 06	+33 38	1904.960	46.2	3.44	9.0—10.5	
			1905.669	44.9	3.64		
1218	4 33 17	+15 22	1904.940	72.1	1.64	9.0—10.0	
			1905.748	71.8	1.52		
1219	37 56	+12 09	1904.940	279.2	0.77	9.0— 9.5	
			1905.748	277.8	0.79		
1220	51 11	+33 10	1904.960	11.9	4.30	9.0—12.0	
			1905.669	14.2	4.09		

[1]) Lick Obs. Circular Nr. 117.

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1221	4 57 23	+33 45	1904.960	40.3	3.70	9.2—12.0	
			1905.669	38.7	3.38	—10.2	A u. B.
			1904.960	63.9	0.83	12.0—13.5	
			1905.669	62.7	0.73	10.2—12.5	B u. C.
1222	5 01 59	+14 05	1904.697	169.4	0.22	9.0— 9.2	
			1905.748	166.9	0.21		
1223	07 10	+33 16	1904.960	193.2	0.52	9.0—13.5	
			1905.669	191.0	0.52	—11.5	
1224	09 09	+12 25	1905.79	132.0	0.93	8.2— 9.0	
1225	17 16	+14 16	1904.940	321.0	3.54	7.5—12.0	
			1905.748	319.1	3.21		
1226	19 22	+15 16	1904.940	56.9	0.72	9.0— 9.6	
			1905.748	58.9	0.86		
1227	20 21	+38 30	1904.861	135.8	0.46	9.1—10.0	
			1905.707	137.9	0.46		
1228	24 09	+13 30	1904.940	320.2	0.35	9.0— 9.0	
			1905.748	318.1	0.40	9.3— 9.7	
1229	28 38	+37 50	1905.321	201.6	1.74	7.5—13.0	
			1905.707	198.2	1.69		
1230	5 36 01	—15 08	1906.88	316.8	2.26	9.1—11.0	
1231	5 37 52	—16 47	1906.84	39.8	0.68	9.0—10.0	
1232	39 09	+35 55	1906.00	247.2	0.44	9.2— 9.2	
1233	41 41	+36 09	1905.321	26.0	0.59	8.0— 9.0	
			1905.707	22.8	0.61		
1234	50 24	+36 22	1905.321	124.9	0.65	8.8— 8.8	
			1905.707	127.0	0.55		
1235	50 37	+36 00	1906.00	106.1	0.32	8.5— 8.5	
1236	5 55 47	+36 20	1906.00	26.0	0.49	9.6— 9.8	
1237	5 56 25	—15 38	1905.112	193.6	1.63	9.2— 9.5	
			1906.810	15.1	1.58	9.8— 9.3	
1238	6 00 54	+15 11	1904.940	300.1	1.03	9.2—13.8	
			1905.748	300.2	0.86	—12.0	
1239	03 45	—15 25	1905.112	182.5	2.16	9.0—12.0	
			1906.810	179.9	2.07		
1240	15 34	—17 38	1905.112	241.0	0.89	8.0—11.5	
			1906.810	239.3	0.90		
1241	17 07	—14 21	1906.96	84.6	0.74	9.3— 9.5	
1242	6 28 29	+35 02	1904.822	136.7	0.85	9.1—10.8	
			1906.301	139.8	0.67		
1243	7 15 02	—15 42	1905.165	72.1	0.72	8.5— 8.5	
			1906.953	70.3	0.79		
1244	26 34	+14 18	1905.324	79.0	0.35	9.8— 9.8	
			1905.808	78.6	0.32		
1245	36 52	+13 29	1905.324	85.7	1.50	9.0—13.5	
			1905.808	85.4	1.45	—11.0	
1246	7 37 22	+13 24	1905.324	317.4	1.29	9.3—12.0	
			1905.808	314.9	1.19		
1247	7 39 19	+60 33	1900.932	36.3	0.15	8.0— 8.0	
			1905.184	319.9	0.15		
			1905.863	313.3	0.22		
1248	8 01 36	+51 36	1904.697	139.3	1.23	8.2—14.0	
			1905.808	141.5	0.99	—13.0	

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1249	8 09 26	−17 22	1905.165	112.6	0.45	8.3— 8.8	
			1906.953	113.2	0.49		
1250	14 31	+50 40	1904.697	182.7	0.73	8.5—10.0	
			1905.808	181.0	0.67	9.0—11.0	
1251	8 39 38	+15 45	1905.171	279.0	0.70	9.0—10.5	
			1906.293	278.5	0.60		
1252	9 35 56	+39 42	1904.954	183.4	0.57	8.2—12.0	
			1906.301	181.1	0.66		
1253	9 57 16	−14 33	1905.165	95.0	0.35±	7.5— 9.1	
			1906.953	97.8	0.44		
1254	10 09 50	+12 23	1905.171	41.7	0.61	9.2— 9.5	
			1906.293	38.2	0.58		
1255	10 34 21	−13 59	1904.401	71.5	0.44	9.2— 9.2	
			1906.350	80.5	0.54	—10.0	
1256	11 48 42	+20 54	1904.267	251.4	0.60±	8.8—10.0	
			1906.342	247.3	0.46		
1257	11 50 01	+14 57	1905.168	123.1	0.22	9.0— 9.2	
			1906.342	119.5	0.28		
1258	13 01 12	+65 08	1905.228	227.4	0.70	9.2— 9.5	
			1905.534	227.4	0.61		
1259	13 19 18	+39 03	1905.187	179.5	0.15±	9.5— 9.8	
			1906.474	179.9	0.22		
1260	20 54	+36 19	1905.187	26.0	0.34	9.5— 9.5	
			1906.474	26.4	0.28		
1261	13 40 44	+59 52	1905.258	111.5	1.51	7.0—13.0	
			1905.92	107.2	1.07	—11.0	
1262	13 48 59	−21 45	1905.321	281.7	0.78	6.7—10.0	
			1907.147	281.9	0.76		
1263	14 01 46	+39 17	1905.187	24.8	0.31	9.5— 9.5	
			1906.268	24.6	0.37		
1264	06 54	+36 56	1905.320	2.7	1.20	9.0—10.5	
			1906.268	3.7	1.23		
1265	10 15	+61 29	1905.258	307.8	0.85	9.0—10.0	
			1905.534	302.9	0.81		
1266	14 12 11	+34 00	1904.53	10.2	0.16	9.5—9.7	
			1905.60	16.1	0.20		
1267	15 51	+60 02	1905.258	208.1	0.87	9.1—12.5	
			1905.534	211.5	0.94	—11.0	
1268	25 25	+36 39	1905.378	294.5	0.30	9.0— 9.5	
			1906.268	292.7	0.37		
1269	31 04	+12 24	1905.320	53.0	0.39	9.0— 9.5	
			1905.518	54.2	0.40		
1270	45 44	−16 34	1904.439	218.0	0.31	8.6—10.0	
			1907.278	219.3	0.32		
1271	46 41	−19 02	1905.321	34.9	0.68	8.8—10.5	
			1907.309	29.0	0.58		
1272	14 47 01	−17 58	1904.439	25.6	0.62	10.0—10.0	
			1907.278	27.0	0.63		
1273	15 11 31	+36 20	1905.378	83.9	0.30	9.5—10.0	
			1906.561	74.6	0.43		
1274	15 49 13	−19 05	1904.439	153.7	0.44	6.5— 8.5	
			1907.309	154.1	0.44		

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1275	16 14 44	+39 11	1905.381	168.8	2.86	9.0—12.5	
			1906.285	168.5	2.62		
1276	21 23	+39 39	1905.381	167.8	0.53	8.5—13.0	
			1906.285	168.6	0.53	—11.5	
1277	39 37	+13 48	1905.406	10.1	3.00	8.0—12.5	
			1905.518	5.8	2.81	13.7	
1278	47 41	+15 46	1905.406	168.4	0.81	9.5— 9.5	
			1905.518	165.5	1.09		
1279	16 55 08	+13 27	1905.324	159.6	1.85	9.4—10.0	
			1905.518	160.6	1.63		
1280	17 02 24	—19 40	1904.439	10.8	0.30	9.2— 9.5	
			1907.300	9.3	0.31		
1281	20 49	+14 03	1905.324	104.7	1.90	9.5—9.5	
			1905.496	105.1	1.76		
1282	31 13	+49 46	1904.404	120.1	0.31	9.0—10.0	
			1905.723	120.1	0.31		
1283	38 22	+12 18	1905.324	344.1	0.26	9.0— 9.8	
			1905.723	346.5	0.27		
1284	39 01	+13 00	1905.324	69.4	1.04	9.0—11.0	
			1905.496	69.4	0.93		
1285	39 27	+22 39	1905.66	251.7	0.42	9.4— 9.4	
1286	40 17	+22 39	1905.66	270.2	3.15	9.6—10.2	
1287	41 08	+15 55	1905.406	77.9	2.20	9.2— 9.8	
			1905.496	76.7	2.08		
1288	42 38	+15 04	1905.406	116.2	0.24	8.0— 8.5	
			1905.723	115.4	0.27		
1289	17 54 04	+13 54	1905.406	96.7	0.56	8.7—12.0	
			1905.723	97.5	0.57		
1290	18 04 29	+62 15	1905.171	138.4	0.43	8.5— 8.8	
			1905.707	136.9	0.41		
1291	12 48	+36 23	1905.397	337.4	0.43	8.8— 9.5	
			1905.592	339.2	0.49		
1292	22 10	+61 36	1905.171	139.2	0.21	9.0— 9.0	
			1905.707	140.2	0.24		
1293	31 04	+36 03	1905.397	81.8	0.91	7.5—14.5	
			1905.592	78.1	0.86	—12.0	
1294	50 29	+32 07	1904.494	118.5	1.65	9.0—10.5	
			1905.592	121.2	1.56		
1295	57 51	+32 44	1904.494	283.9	0.24	8.8—10.0	
			1905.592	275.6	0.24		
1296	18 58 14	+32 01	1904.494	113.9	0.38	9.0—10.5	
			1906.476	112.2	0.42		
1297	19 04 24	+13 35	1905.324	199.4	1.94	9.2—11.0	
			1905.496	196.8	1.95		
1298	05 41	+15 57	1905.324	19.8	0.22	9.3— 9.8	
			1905.723	23.4	0.20		A u. B.
			1905.324	265.0	2.71	—15.0	
			1905.723	264.3	2.89	—13.5	AB u. C.
1299	15 07	+33 24	1904.494	337.1	0.35	9.2—10.5	
			1905.592	337.0	0.37		
1300	16 31	+34 00	1904.494	172.2	0.84	8.3— 9.5	
			1905.592	171.2	0.81		

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1301	19 17 05	+34 16	1904.494	135.0	4.84	8.8—12.0	
			1905.592	135.7	4.54		
1302	19 24 06	+36 14	1905.397	248.4	0.40	9.0— 9.5	
			1905.592	248.5	0.50		
1303	25 04	+36 59	1905.397	312.5	0.80	7.6— 9.0	A u. B.
			1905.592	311.1	0.83		
			1905.592	69.8	4.52	—14.0	A u. C.
1304	32 22	+65 48	1904.899	267.3	0.86	8.3— 8.8	
			1905.929	265.5	0.69		
1305	37 34	+15 19	1905.324	84.3	0.30	9.0—10.5	
			1905.723	83.7	0.32		
1306	52 04	+35 48	1905.65	182.6	0.50	9.3— 9.6	
1307	19 55 27	+66 01	1904.899	38.1	0.84	8.4— 9.5	
			1905.929	35.9	0.93		
1308	56 20	+34 07	1905.65	1.9	0.54	8.5— 9.0	
1309	21 06 13	+37 01	1905.378	172.0	2.93	9.5—10.5	
			1905.592	174.9	2.80		
1310	06 39	+37 13	1905.378	22.7	2.24	9.0—11.0	
			1905.592	21.9	2.52		
1311	09 21	+37 09	1905.378	143.8	3.82	9.0—12.5	
			1905.592	144.6	3.57	—11.0	
1312	18 34	—20 13	1904.825	81.1	2.84	8.8— 9.3	
			1906.780	80.9	2.64		
1313	25 26	—18 06	1906.80	252.8	0.51	9.4— 9.6	
1314	21 52 49	+65 12	1904.753	95.7	0.20	9.0— 9.0	
			1905.929	96.0	0.23		
1315	22 15 50	+49 03	1904.968	21.5	4.43	8.8—13.5	
			1905.701	19.1	4.21		
1316	18 41	+67 32	1904.751	46.9	1.71	9.0—10.5	
			1905.929	45.2	1.62		
1317	22 24 06	+13 49	1904.968	303.0	0.49	9.0— 9.0	
			1905.558	306.4	0.50		
1318	25 57	+50 51	1904.968	12.3	0.69	9.1— 9.1	
			1905.701	10.8	0.62		
1319	22 26 34	+48 25	1904.986	36.7	0.25±	9.0— 9.2	
			1906.695	34.1	0.28		
1320	28 45	+48 52	1904.968	269.7	0.19	8.2— 8.2	
			1905.701	274.6	0.21		
1321	30 34	+49 29	1904.968	178.8	3.16	8.8— 9.0	
			1905.701	178.2	3.05		
1322	23 05 35	+51 26	1904.968	128.4	0.30±	9.0— 9.2	
			1905.701	125.0	0.29		
1323	16 13	+62 01	1904.66	345.6	2.50	8.3—12.5	
1324	33 12	+65 27	1906.33	231.4	0.31	9.2— 9.4	
1325	35 02	+12 25	1904.968	183.7	0.66	8.8—11.5	
			1905.61	169.4	0.59	9.3—10.8	
1326	40 36	+60 29	1905.73	242.5	0.70	9.1—10.5	
1327	47 23	+12 19	1904.968	35.8	1.52	8.8— 9.2	
			1905.554	35.4	1.39		

Südliche Doppelsterne

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse
	h m s	° ′		″	
1328	0 5 6.0	—49 46.0	s	1½	8.3... 8.8
1329	0 23 27.8	—46 25.0	sf	4	8.3...10.5
1330	19 31 47.5	—43 16.0	nf	2	8.6...10.5
1331	20 42 34.3	—47 10.8	sp	1	8.9...11.0
1332	20 49 53.0	—49 3.4	f	5	7.8...11.5
1333	20 59 39.3	—46 10.7	np	2	7.5...11.0
1334	22 20 44.9	—46 7.6	np	½	8.0... 8.5
1335	22 52 50.7	—46 3.6	f	½	8.0... 8.2
1336	23 34 31.0	—48 8.6	p	1½	8.8...10.5
1337	23 34 37.7	—47 52.8	sf	2	7.0...11.0

Von Espin aufgefundene Doppelsterne. J. E. Espin gab[1]) ein Verzeichnis der von ihm aufgefundenen Doppelsterne im Anschluß an das früher mitgeteilte. Dasselbe folgt nachstehend, und es bezeichnet darin Nr. die fortlaufende Nummer, BD die Nummer in der Bonner Durchmusterung, R. A. und D gelten für 1900, P bezeichnet den Positionswinkel, D die scheinbare Distanz des Begleiters in Bogensekunden, M die Helligkeitsklassen des Hauptsternes und seines Begleiters. In der letzten Kolumne ist das Datum der Messungen in Teilen des Jahres angegeben.

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h m	° ′	°	″		
312	—	0 12.0	+34 35	237.3	2.15	9.6 10.0	1906.95
313	+32. 58	0 18.2	+32 27	16.3	3.95	8.7 12.7	1906.95
314	+28. 95	0 30.6	+28 41	201.7	8.36	8.5 14.0	1906.77
315	+28. 101	0 32.5	+28 40	77.7	2.04	9.1 9.4	1906.78
316	+32. 154	0 47.3	+32 43	292.3	1.92	9.3 9.7	1906.95
317	—	0 54.9	+31 56	187.1	6.59	9.2 9.4	1906.71
318	+30. 223	1 21.0	+30 55	71.0	2.72	9.5 11.0	1906.71
319	+32. 256	1 22.9	+33 2	290.7	1.75	9.3 9.8	1906.95
320	+33. 310	1 46.5	+33 25	161.2 259.8	1.87 9.95	8.5 9.5 C = 10.0	1906.95 1906.95
321	+29. 333	1 51.6	+30 5	181.2	3.63	9.2 10.0	1906.82
322	+32. 374	1 59.6	+32 39	92.2	2.32	9.5 9.6	1906.96
323	+33. 425	2 21.9	+33 39	179.8	6.35	9.1 10.3	1906.96
324	+28. 448	2 33.2	+28 28	20.2 185.8	1.80 32.75	9.1 11.0 A = 9.0	1906.97 1906.97
325	+30. 465	2 49.8	+31 10	0.1	12.92	7.9 12.5	1906.94
326	+31. 536	2 59.6	+31 39	36.1 35.8	4.79 102.33	9.8 10.8 A = 8.0	1906.91 1906.88
327	+32. 652	3 33.5	+33 9	292.9	14.00	8.3 12.0	1906.95
328	+34. 761	3 47.1	+34 46	288.4	6.82	8.3 14.0	1906.99
329	+30. 601	3 53.7	+30 31	255.9	7.27	9.0 12.5	1906.94
330	+31. 834	4 51.7	+31 7	156.1	3.95	9.2 12.0	1906.92
331	+35. 971	4 59.1	+35 32	314.0	7.60	8.6 11.0	1906.95

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. **67**. Nr. 3. January 1907. p. 194.

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h m	° ′	°	″		
332	+33.1017	5 14.8	+33 17	210.1	14.65	8.3 8.5	1906.95
333	+31. 936	5 15.2	+31 22	36.7	3.37	9.2 9.3	1906.92
334	S 483	5 21.8	+33 42	{347.9 {50.5	15.09 95.48	8.0 14.0 A = 7.0	1906.11 1906.11
335	+32.1012	5 23.9	+32 34	330.6	2.65	9.1 9.2	1906.95
336	+31.1027	5 31.0	+31 43	258.6	8.47	8.7 9.0	1906.92
337	+31.1191	5 49.0	+33 13	296.7	5.45	9.1 12.0	1906.92
338	+36.1361	6 0.9	+36 37	19.5	8.17	8.5 11.5	1906.94
339	+32.1460	6 54.8	+32 33	186.7	16.40	6.5 13.0	1907.04
340	+31.1491	7 0.1	+31 51	139.5	5.62	9.0 9.2	1906.94
341	+32.1522	7 13.0	+32 37	251.6	3.05	9.0 9.0	1906.95
342	—	17 52.0	+31 21	235.4	5.82	9.0 10.7	1906.67
343	+31.3133	17 52.7	+31 12	282.8	8.46	9.0 11.7	1906.69
344	+33.2994	17 53.6	+33 52	30.7	8.96	8.6 9.1	1906.63
345	+31.3195	18 7.3	+31 22	19.4	2.45	9.1 9.3	1906.64
346	+32.3102	18 17.1	+32 10	307.0	6.10	9.5 13.0	1906.58
347	+32.3103	18 17.2	+32 17	66.6	1.75	9.0 9.2	1906.62
—	+29.3420	18 54.4	+30 1	172.3	17.91	9.0 9.4	1906.71
348	+28.3210	19 5.0	+28 15	256.3	5.53	8.7 11.2	1906.76
349	+31.3482	19 6.8	+31 35	220.8	6.65	9.3 13.0	1906.58
350	+31.3487	19 7.0	+31 57	235.3	5.41	8.5 9.3	1906.58
351	+33.3398	19 13.3	+33 21	82.4	6.15	8.8 11.0	1906.81
352	+34.3504	19 17.1	+34 15	133.0	4.67	8.9 10.0	1906.81
353	+33.3457	19 23.7	+33 7	296.4	3.36	8.6 10.2	1906.75
354	+31.3785	19 44.5	+31 29	324.4	9.20	8.6 11.5	1906.74
355	+31.3814	19 48.1	+31 27	294.8	13.05	7.4 13.0	1906.70
356	+31.3816	19 48.3	+31 24	343.1	5.74	8.9 9.8	1906.70
357	OΣ 389	19 48.7	+30 52	{306.5 {183.4	9.42 12.57	6.5 12.0 C = 8.5	1906.66 1906.66
358	+31.3914	19 59.7	+31 33	197.3	7.42	8.6 10.0	1906.63
359	+31.3915	19 59.8	+31 28	{61.1 {131.8	5.71 27.91	11.5 13.0 A = 6.5	1906.60 1906.60
—	+30.3900	20 2.9	+30 58	{62.3 {251.2	27.37 33.40	8.8 9.5 C = 9.3	1906.78 1906.78
360	—	20 3.5	+30 48	78.2	2.74	9.8 9.9	1906.66
361	+30.3908	20 4.0	+30 23	113.5	4.82	9.0 11.0	1906.68
362	+30.4008	20 19.0	+30 16	{268.2 {229.4	4.48 9.18	11.0 13.2 A = 8.7	1906.67 1906.67
363	+30.4018	20 19.4	+30 33	280.4	3.05	9.3 9.3	1906.71
364	+31.4089	20 23.4	+31 25	277.3	8.47	8.7 12.5	1906.66
365	+31.4125	20 29.0	+31 25	{288.2 {262.1 {318.9	2.50 25.72 33.68	12.0 12.1 7.7 11.5 —	1906.81 1906.73 1906.81
366	+30.4159	20 40.4	+31 2	122.7	3.29	9.1 13.0	1906.69
367	+29.4161	20 41.0	+29 52	242.5	7.27	9.1 14.0	1906.88
368	+30.4180	20 43.9	+30 38	357.9	2.88	9.5 9.6	1906.64
369	+31.4226	20 44.6	+31 37	300.4	6.73	8.9 12.0	1906.69
370	+31.4227	20 45.0	+31 26	39.2	5.81	9.3 13.5	1906.82
371	+30.4227	20 49.9	+31 0	132.7	3.67	9.0 9.3	1906.66
372	+31.4272	20 52.1	+31 35	144.2	2.97	9.1 9.4	1906.74
373	—	20 54.6	+29 56	147.4	2.49	9.8 11.5	1906.69
374	+31.4319	20 58.6	+31 22	{230.4 {137.1	4.5± 24.78	11.0 13.6 A = 8.2	1906.81 1906.75
375	+30.4335	21 4.6	+30 38	221.9	4.40	9.0 9.5	1906.64

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h m	° ′	°	″		
376	+30.4411	21 17.9	+30 20	214.7	10.61	8.6 12.7	1906.78
377	+31.4430	21 18.1	+31 13	210.0	2.49	9.7 10.0	1906.84
				290.8	49.38	A = 9.1	1906.84
378	+31.4470	21 24.7	+31 58	202.7	7.74	8.6 11.0	1906.69
379	+29.4444	21 28.9	+29 48	300.3	8.77	9.0 10.5	1906.72
380	+29.4452	21 30.4	+29 50	310.9	2.46	11.2 11.5	1906.74
				52.2	13.85	8.5 14.0	1906.79
				106.9	57.85	—	1906.71
381	+31.4539	21 40.5	+31 17	109.5	4.89	8.7 13.5	1906.59
382	+31.4560	21 46.6	+32 11	319.1	10.95	7.7 14.0	1906.73
				320.4	60.22	C = 7.8	1906.81
383	+34.4586	21 57.0	+34 43	168.1	4.62	9.2 11.6	1906.95
384	+31.4612	21 58.4	+31 41	66.5	2.99	9.1 9.2	1906.63
385	+32.4340	22 2.4	+34 6	35.6	5.17	9.0 10.5	1906.94
				36.2	33.60	C = 10.0	1906.95
386	+33.4427	22 2.5	+33 5	75.7	6.95	8.6 12.7	1906.94
387	—	22 5.0	+32 53	268.5	1.65	10.0 10.2	1906.74
388	+31.4653	22 8.8	+31 38	262.6	7.56	8.8 9.3	1906.65
389	+29.4620	22 11.6	+30 7	261.7	7.38	9.0 10.0	1906.72
390	+32.4406	22 18.2	+32 57	262.1	13.98	9.0 9.3	1906.75
391	+29.4687	22 28.3	+29 50	347.1	5.64	9.2 11.2	1906.79
392	8 Lacertæ	22 31.4	+39 6	224.7	9.36	8.8 13.2	1906.90
				185.4	21.66	—	1906.86
				154.3	28.14	—	1906.86
				115.9	41.67	—	1906.86
393	+30.4785	22 38.9	+30 42	259.4	9.43	8.8 12.0	1906.64
				297.5	78.48	A = 8.5	1906.63
394	+29.4764	22 42.3	+30 4	338.9	4.57	9.1 11.1	1906.80
395	+29.4812	22 51.8	+30 6	351.3	4.05	9.2 12.0	1906.71
396	—	22 58.7	+30 50	27.7	3.81	9.3 9.4	1906.67
397	+32.4598	23 5.6	+32 36	151.8	5.55	9.2 11.4	1906.94
398	—	23 18.8	+31 45	264.2	4.09	9.1 11.0	1906.67
399	+29.4937	23 24.3	+29 17	207.1	8.53	9.3 12.0	1906.76
400	+29.4938	23 24.6	+29 18	211.3	6.40	9.3 9.9	1906.76
401	+29.4970	23 31.8	+30 14	71.8	1.60	9.3 11.5	1906.92
402	+31.4949	23 34.8	+32 5	88.1	4.15	9.2 13.0	1906.91
403	+30.5001	23 35.7	+30 34	294.7	2.75	9.2 9.5	1906.92

Der Stern 13 Ceti. Dieser Stern 6. Größe, dessen Ort am Himmel (für 1900.0) ist: R. A. = $0^h\ 30^m$ D = —4° 8′ gehört zu den interessantesten Doppelsternen wegen der ungemein kurzen Umlaufsdauer seines Begleiters. Burnham fand am $18^1/_2$-zolligen Refraktor der Sternwarte Chicago, im Jahre 1877 einen sehr lichtschwachen Begleiter im Positionswinkel p = 65.3° und der Distanz d = 38.12″, konnte aber am Hauptsterne nichts weiter wahrnehmen. Im Jahre 1886 sah Hough mit dem nämlichen Fernrohre diesen Hauptstern selbst als äußerst engen Doppelstern und auch so einmal im folgenden Jahre. Er schätzte die Distanz beider Sterne voneinander auf nur 0.3″. In den Jahren 1890 und 91 bemühte sich Burnham vergeblich selbst am 36-Zoller der Lickesternwarte, diese Duplizität zu erkennen,

der Stern erschien vielmehr stets völlig rund, so daß Burnham zweifelte, ob es sich hier wirklich um einen sehr engen Doppelstern handle. Indessen sah See Ende 1899 den Stern wieder unzweifelhaft doppelt, und seit dem darauffolgenden Jahre hat Aitken am 36-Zoller den Begleiter regelmäßig beobachten können. Er fand die kleinste Distanz desselben an 1500-facher Vergrößerung zu nur 0.12″. Aus diesen Beobachtungen hat Aitken nunmehr die Bahn des Begleiters abgeleitet und findet für die scheinbare Bahn desselben:

Große Achse	=	0.36″
Kleine Achse	=	0.24
Distanz des Sternes vom Zentrum	=	0.13
Winkel der großen Achse	=	71.50°
Winkel des Periastrons	=	90.7°

Für die wahren Bahnelemente ergab sich daraus weiter:

Umlaufszeit.	(P)	=	7.42 Jahre
Epoche des Periastrons	(T)	=	1905.28
Exzentrizität	(e)	=	0.74
Halbe große Achse	(a)	=	0.214″
Winkelabstand des Periastrons vom Knotenpunkte	(ω)	=	51.75°
Knoten	(☊)	=	50.40°
Neigung der Bahnebene	(i)	=	+48.05°
Positionswinkel zunehmend			

Gemäß diesen Bahnelementen war das Paar 1890 selbst für den 36-Zoller ein äußerst schwieriges Objekt (damalige Distanz d = 0.1″), im nächsten Jahre hätte der Begleiter unter sehr günstigen Umständen gesehen werden können (d = 0.23″) und ebenso 1877 am $18^1/_2$-Zoller (damalige Distanz d = 0.3″). Mit Ausnahme von δ Equulei (Periode 5.7 Jahre) hat 13 Ceti die kleinste bekannte Umlaufszeit und eine jährliche Eigenbewegung von 0.4″.

Doppelsternbahnen. Die nachstehend bezeichneten Doppelsternbahnen sind von Prof. W. Doberck neu berechnet worden.[1])

ζ Cancris	ξ Scorpii	ω Leonis
λ = 183° 33′	☊ = 9° 38′	☊ = 144° 17′
γ = 0 0	λ = 3 0	λ = 122 6
e = 0.3391	γ = 30 54	γ = 66 12
P = 60.083 Jahre	e = 0.7837	e = 0.5601
a = 0.856″	P = 45.12 Jahre	P = 116.74 Jahre
	T = 1860.15	a = 0.844″
	a = 0.680″	

1) Astron. Nachr. Nr. 4144. 4169. 4189.

	Σ 2173	Σ 3062	Σ 3121
☊	153° 30′	37° 25′	22° 9′
λ	43 0	98 41	148 23
γ	80 56	46 5	73 26
e	0.1361	0.4664	0.2659
P	46.20 Jahre	105.55 Jahre	35.38 Jahre
T	1867.88	1836.07	1879.34
a	1.060″	1.44″	0.620″

	μ^2 Hercules	α Centauri
☊	62° 12′	25° 18′
λ	176 1	51 38
γ	66 23	79 3
e	0.1905	0.5057
P	44.20 Jahre	78.81 Jahre
T	1879.53	1875.63
a	1.370′	17.540″

Über das Sternsystem ε Hydrae machte H. v. Seeliger interessante Mitteilungen.[1]) In einem vor mehr als 13 Jahren erschienenen Aufsatze hat er sich im Zusammenhange mit allgemeinern Fragen mit dem Sternsysteme ε Hydrae (Σ 1273) beschäftigt, und auf Grund einer Zusammenstellung des erreichbaren Beobachtungsmaterials hat er eine von Burnham aufgedeckte periodische Veränderlichkeit in der gegenseitigen Stellung der beiden W. Struveschen Komponenten bestätigen können. Die zweifellose Feststellung dieser Tatsache war deshalb wichtig, weil sich ein ganz bestimmter Grund für das Auftreten der gefundenen periodischen Schwankung angeben ließ. Seeliger hat in der Tat eine Erklärung der genannten Erscheinung darin gefunden, daß der W. Struvesche Hauptstern A einen von Schiaparelli im Jahre 1888 entdeckten Begleiter in einer Entfernung von wenigen Zehnteln einer Bogensekunde besitzt. Die Messungen an dem W. Struveschen Begleiter C beziehen sich auf einen nicht näher bestimmten Punkt zwischen A und B, und sie müssen demzufolge periodische Schwankungen aufweisen. Er sprach sich a. a. O. so aus: „Wenn die beiden Sterne A u. B von ε Hydrae nicht getrennt gesehen werden, so stellen sie sich eben als einzige Lichtmasse dar. Es fragt sich nun, welcher Punkt dieser Lichtmasse mit dem entferntern Sterne C in der Regel verglichen worden ist. Es ist klar, daß dieser Punkt jedenfalls irgendwo auf der Verbindungslinie von A u. B liegen muß; ebenso klar ist es, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß dieser durch optische und physiologische Umstände bestimmte Punkt mit dem Schwerpunkte der Massen der Sterne A u. B zusammenfallen sollte, äußerst klein ist. Daraus folgt, daß notwendigerweise die Bewegung von A u. B um ihren Schwerpunkt sich in der Beobachtung von C widerspiegeln muß, und es kann nur die Frage entstehen, ob die so entstehenden

[1]) Astron. Nachr. 4149.

Schwankungen nicht sehr klein sein werden." Damals war über die Bewegung der beiden Sterne A u. B umeinander fast nichts näheres bekannt, aber die vorliegenden wenigen Messungen schienen auf eine viel größere Umlaufszeit, als 16 Jahre, hinzudeuten, während die Schwankungen in den Positionswinkeln von C gegen A sich am einfachsten durch eine Umlaufszeit T = 16 Jahre erklären ließen.

Seit 1888 wurde aber der Stern B mit den großen Refraktoren der Gegenwart öfters mit A verglichen, so daß Aitken schon 1903 eine Bahnberechnung versuchen konnte, die in der Tat eine Umlaufszeit von etwa 16 Jahren ergab, verbunden mit starker Exzentrizität und Neigung. Damit war eine augenscheinliche und direkte Bestätigung der Richtigkeit der von Seeliger vor 13 Jahren ausgesprochenen Ansicht über das Zustandekommen der periodischen Schwankungen in den Messungen des Sternes C gegeben.

„Indessen hat es doch," sagt v. Seeliger in seiner oben erwähnten Abhandlung, „Interesse, die Sache etwas weiter zu verfolgen und zuzusehen, ob man auf Grund der ausgesprochenen Prinzipien wirklich den periodischen Gang in den Messungen von C fortschaffen kann. Bei einem solchen Versuche, der deshalb nicht ganz ohne Wichtigkeit ist, weil ε Hydrae in dieser Richtung gewissermaßen einen typischen Fall darstellt, wird man von vornherein keine übertriebenen Forderungen an die Darstellung der gemessenen Koordinaten stellen dürfen. Die Doppelsternmessungen werden bekanntlich durch sogenannte persönliche Fehler, die sicherlich von allen Nebenumständen beeinflußt werden, besonders stark entstellt. Es ist also gewiß, daß bei der Verbindung der vereinigten Lichtmassen A und B mit C persönliche Fehler eigener Art ausgelöst werden müssen, und man wird demnach nicht erwarten dürfen, eine rechnerische Darstellung zu erreichen, die in allen Einzelheiten ganz befriedigt. Mit andern Worten, es werden sich in den nach der Zeit geordneten Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung Zeichenfolgen in größerer Zahl ergeben, als wünschenswert wäre, und nur in Mittelwerten, bei denen sehr viele Beobachter berücksichtigt sind, werden solche einigermaßen zurücktreten. Dazu kommt noch, daß die Anzahl der einzelnen Beobachter, die zu gleicher Zeit dem Systeme ihre Aufmerksamkeit zuwandten, verhältnismäßig gering ist. Was man aber von einer entsprechenden Darstellung erwarten muß, ist, daß sie die 16-jährige Periode in den Beobachtungen von C verwischen muß, und wenn dies gelingt, dürfte alles erreicht sein, was man zur Bestätigung meiner Ansicht beitragen kann."

Diese Untersuchung hat nun Prof. v. Seeliger ausgeführt und zeigt, daß die Beobachtungen von 1829 bis 1887 unter Zugrundelegung seiner Voraussetzung keine Spur einer 16-jährigen Periode mehr erkennen lassen. Er zeigt ferner, daß es tatsächlich mit ausreichender Annäherung erlaubt ist, die Bewegung des Sternes C um S als den Keplerschen Gesetzen folgend, anzusehen.

Sterne mit veränderlicher Radialbewegung. Die Anzahl dieser Sterne nimmt rasch zu. Die nachstehend verzeichneten sind von der Lick- und der Yerkessternwarte angezeigt worden.[1])

Bezeichnung des Sterns	A. R. 1900.	D. 1900	Helligkeit
	h m	° ′	Größe
I Geminorum	5 58.0	+23 16	4.4
27 Ophiuchi	17 21.3	— 5 0	8.7
δ Sagittae	19 42.0	+18 17	3.9
o² Cygni	20 12.3	+47 24	4.2
ε Cygni	20 42	+33 36	2.7
ζ Cygni	21 8.7	+29 40	3.5
ι Capricorni	21 16.7	—17 15	4.3
SU Cygni	19 40.8	+29 1	veränderlich
β Reticuli	3 42.9	—65 7	3.8
m Velorum	9 47.9	—46 51	4.5
ν Centauri	13 43.5	—41 12	3.5
υ² Centauri	13 55.4	—45 7	4.5
α Scorpii	16 23	—26 13	1
RZ Cassiopejae	2 40	+69 13	veränderlich
X Cygni	20 39	+35 14	„
13 Ceti	0 30	—40 9	5.8
ω Leonis	9 23	+ 9 30	6.2
85 Pegasi	23 57	+26 34	6
τ³ Eridani	3 29	—21 58	4.2
τ⁸ Eridani	3 49	—24 55	4.7
τ Orionis	5 13	— 6 57	3.6
ξ¹ Canis maj.	6 28	—23 21	4.2
λ Andromedae	23 32.6	+45 46	5.0

Der spektroskopische Doppelstern λ Andromedae. Der Doppelsterncharakter dieses Sternes wurde 1899 von Campbell durch spektrographische Aufnahmen auf der Lickaternwarte erkannt und die Periodendauer zu 20.5 Tagen bestimmt. Neue Aufnahmen im Jahre 1905 gestatteten eine unabhängige Neubestimmung der Bahn des Doppelsternes, und diese hat Q. Burns ausgeführt.[2]) Nachstehend sind die Ergebnisse der beiden Berechnungen für 1899 und 1905 gegenübergestellt:

	Bahn von 1899		Bahn von 1905	
U =	20.538d		20.546d	
μ =	17.529°	±0.014	17.521°	±0.006
T =	2414571.81	±0.037	2416683.46	±0.39
ω =	336.2°	±7.6	301.0°	±0.76
K =	6.48 *km*	±0.19	7.07 *km*	±0.16
e =	0.132	±0.038	0.086	±0.018
V =	+6.34 *km*	±0.13	7.43 *km*	±0.10
a sin i =	1.810000 *km*		1.990000 *km*	
wahrsch. Fehler einer einzelnen Beobachtung		±0.50 *km*		±0.51 *km*

[1]) Astrophysic. Journal 1907. January.
[2]) Astrophysic. Journal 1906. p. 345.

Die Epoche von T ist ausgedrückt in Tagen der Julianischen Periode, deren Jahr 6620 dem Jahre 1907 entspricht.

Die beiden Bahnelemente deuten auf geringe Veränderung derselben in der Zeit von 1899 bis 1905, besonders auf eine Zunahme der Schwerpunktsgeschwindigkeit um 1.1 *km*, was auf die Wirkung noch unbekannter Glieder des Systems hindeuten könnte.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes β Arietis ist jetzt von Dr. H. Ludendorff genauer bestimmt worden.[1]) Die Veränderlichkeit der Radialbewegung dieses Sternes wurde 1903 von Vogel angezeigt[2]) auf Grund einer von ihm vorgenommenen Ausmessung von 14 Spektrogrammen, die von Dr. Eberhard, Dr. Scholz und Dr. Ludendorff mit dem am photographischen 32.5 *cm*-Refraktor des Potsdamer Observatoriums angebrachten Spektrographen IV (3 Prismen) in der Zeit von Oktober 1902 bis Anfang Februar 1903 erhalten worden waren. Später hat Dr. Ludendorff auf Wunsch Vogels die Radialbewegung von β Arietis näher untersucht, indem er die erwähnten 14 Platten nochmals und außerdem 23 weitere, die sich zeitlich bis zu Ende des Jahres 1904 erstrecken, ausgemessen hat. Da Bestimmungen der Radialgeschwindigkeit von β Arietis seitens anderer Beobachter nicht vorlagen, so war Ludendorff allein auf das hier gewonnene Material von im ganzen 37 Platten angewiesen.

Im Winterhalbjahre 1906 bis 1907 sind indessen von Dr. Eberhard und ihm mit dem Spektrographen IV noch 39 Spektrogramme von β Arietis hergestellt worden, welche nunmehr im Vereine mit den 37 frühern eine erste Bahnbestimmung gestatteten.

Das Spektrum von β Arietis ist der Vogelschen Spektralklasse Ia 2 zuzurechnen. Die Linien sind alle breit und verwaschen; in dem Spektralbezirk, welcher durch den Spektrographen IV scharf abgebildet wird (λ 4530 bis λ 4300), konnten nur zwei Absorptionslinien, die Mg-Linie λ 4481 und die Wasserstofflinie $H\gamma$, gemessen werden. Von der zweiten Komponenten des Sternes sind keine Anzeichen im Spektrum zu erkennen. Zwar ist, wie schon Vogel in seiner zitierten Notiz über β Arietis hervorgehoben hat, die Magnesiumlinie auf zwei Platten doppelt, aber Ludendorff hat auf keiner von den andern 74 Platten diese Erscheinung mit Sicherheit feststellen können. Es ist daher anzunehmen, daß die Verdopplung der Mg-Linie auf den genannten beiden Platten wohl nur durch besondere Vorgänge in der Atmosphäre des Sternes erklärt werden kann. Bei Sternen der ersten Spektralklasse sind derartige Erscheinungen in Potsdam bereits öfter beobachtet worden.

Wegen der Breite und Verwaschenheit der Mg- und der $H\gamma$-Linie sind die Messungen der Radialgeschwindigkeit von β Arietis

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1907 April 25.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 3898.

recht unsicher. Ludendorff hat, um den Einfluß der persönlichen Einstellungsfehler möglichst zu beseitigen, die Messungen mit Benutzung eines Reversionsprismas ausgeführt, welches nach Beendigung der ersten Messungsreihe so gedreht wurde, daß sich die Lage des Spektrums scheinbar um 180° änderte. Aus beiden Messungsreihen wurde das Mittel genommen.

Da die Messungen der $H\gamma$-Linie wesentlich unsicherer waren als die der Mg-Linie, so erhielten die erstern bei der Reduktion nur das halbe Gewicht gegenüber denen der Mg-Linie. Auf einigen unterbelichteten Platten konnte $H\gamma$ überhaupt nicht gemessen werden; auf diesen wurde die Mg-Linie zweimal gemessen und das Mittel aus den beiden, voneinander ganz unabhängigen Messungsreihen genommen. Auch diejenigen Platten, bei denen sich aus den Messungen der beiden Linien Radialgeschwindigkeiten ergaben, die um mehr als 15 *km* voneinander abwichen, wurden zweimal gemessen.

Die Unsicherheit der aus der Messung einer einzelnen Platte sich ergebenden Radialgeschwindigkeit kann 10 *km*, in einigen Fällen sogar noch etwas mehr betragen. Im Mittel aus den Resultaten von 65 Platten, auf denen sowohl die Mg- wie die $H\gamma$-Linie gemessen ist, ergab sich, daß die Messungen der erstern auf eine um 3 *km* größere Bewegung des Sternes in der Richtung von der Sonne fort schließen lassen als die der letztern.

Dr. Ludendorff gibt in einer Tabelle die aus jeder Aufnahme für die Zeit derselben von ihm berechnete Radialgeschwindigkeit v des Sternes und findet, daß diese Geschwindigkeit ihren größten Wert hatte:

1903	Januar	19
1903	Dezember	6
1906	November	10
1907	Februar	25

Von diesen Daten ist nur das zweite etwas unsicher. Die Abstände der drei letzten Daten von dem ersten betragen der Reihe nach 321 Tage, 1391 Tage, 1498 Tage oder 3 × 107.0 Tage, 13 × 107.0 Tage, 14 × 107.0 Tage. Die Periode oder Umlaufszeit ist also:

$$U = 107.0 \text{ Tage.}$$

Ludendorff bemerkt noch, daß nach dem Verlaufe der beobachteten Werte von v irgend ein Teil von 107.0 Tagen als Wert der Periode nicht in Betracht kommen kann; namentlich kann die Periode nicht die Hälfte von 107.0 Tagen = 53.5 Tage sein, da dann ein Maximum auf 1904 Dezember 14 bis 15 hätte fallen müssen, was den Beobachtungen widerspricht.

Aus den Beobachtungen, fährt er fort, kann man ersehen, daß der wahre Wert der Periode nur um einige Hundertstel des Tages von dem angegebenen Werte abweichen kann. Dies ergibt sich nicht nur aus der zeitlichen Lage der beobachteten Maximal-

werte von v, sondern auch, wenn man bei der Periodenbestimmung gewisse Punkte des steil aufsteigenden Teiles der Geschwindigkeitskurve zugrunde legt.

Ordnet man nun die Beobachtungen nach der Zeit vom nächstvorangehenden Maximum der Radialgeschwindigkeit, so zeigt sich, daß infolge der Unsicherheit der Messungen Beobachtungen gleicher Phase zum Teile ziemlich stark voneinander abweichen.

Dr. Ludendorff hat daher Mittelwerte aus den Messungen bei nahezu gleichen Phasen der Radialgeschwindigkeit gebildet. Hiernach beträgt die größte direkt gemessene Radialgeschwindigkeit im Mittel +59.1 *km* (das Vorzeichen + bezeichnet, daß der Stern sich entfernt). Die Berechnung nach der von Lehmann-Filhés angegebenen Methode ergab für die Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes des Doppelsternsystems β Arietis den Wert V = —0.6 *km*, die Exzentrizität der Bahn ist sehr groß, sie beträgt nämlich 0.88 und der Minimalwert der halben großen Achse 22 880 000 *km*. Die Gesamtmasse beider Sterne des Systems muß mindestens ein Drittel der Sonnenmasse sein, kann aber erheblich größer sein, da die Neigung der Bahn unbekannt ist. Schließlich bemerkt Dr. Ludendorff noch folgendes:

„Unter den spektroskopischen Doppelsternen, deren Bahnen bisher bekannt sind, hat β Arietis bei weitem die größte Exzentrizität; auf ihn folgen β Herculis mit der Exzentrizität 0.55 und ζ Ursae majoris mit der Exzentrizität 0.52. Im allgemeinen scheinen bei den spektroskopischen Doppelsternen, soweit man derartige Schlüsse aus dem geringen, bisher vorliegenden Material ziehen darf, die kleinen Exzentrizitäten vorzuwiegen. Bei den 26 Bahnen derartiger Sternsysteme, welche zurzeit bekannt sind (β Arietis eingeschlossen), verteilen sich die Exzentrizitäten in folgender Weise:

Exzentrizität	Anzahl
0.00 bis 0.15	15
0.16 „ 0.30	3
0.31 „ 0.45	2
0.46 „ 0.55	5
größer als 0.55	1

Zu bemerken ist noch, daß Deslandres bei dem spektroskopischen Doppelsterne ϑ Aquilae als Exzentrizität 0.60 gefunden hat; doch scheint die Bahnbestimmung sehr unsicher zu sein, und ich habe daher ϑ Aquilae nicht mit in die obige Statistik aufgenommen.

Unter den visuellen Doppelsternen sind mehrere vorhanden, deren Exzentrizitäten ebenso groß oder sogar noch größer sind als bei β Arietis. Nach Aitkens Katalog ist dieselbe bei γ Virginis = 0.90, bei Σ 2525 sogar = 0.96. Die Umlaufszeiten dieser Sterne betragen aber, 194 bzw. 307 Jahre. Sonst besitzen noch Exzentrizitäten von 0.80 und darüber die Doppelsterne γ Andromedae BC (Exz. = 0.82, U = 55 Jahre), 99 Herculis (Exz. = 0.81, U = 65 Jahre) und

γ Centauri (Exz. = 0.70, U = 88 Jahre). Es handelt sich also hier durchweg um Systeme von langer Umlaufszeit, während bei β Arietis die sehr starke Exzentrizität gerade im Hinblicke auf die Kürze der Umlaufszeit besonderes Interesse bietet."

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes $\varkappa$ Cancri. Dieser Stern 5.5 Größe, dessen Ort am Himmel R. A. = $9^h\,2^m$ D = $+11°\,4'$ ist, wurde von Prof. Frost und W. Adams vom Yerkesobservatorium durch spektrographische Aufnahmen als Doppelstern erkannt. Das Spektrum gehört zu denjenigen, welche den Übergang aus den Spektren des Oriontypus in die des Siriustypus bezeichnen. In demselben treten die Wasserstofflinien stark und scharf hervor, die Heliumlinien mit den Wellenlängen λ = 4009, 4026, 4144, 4388 und 4472 sind dagegen kaum sichtbar. Die Kohlenstofflinie λ 4267 ist gut erkennbar, und die Siliziumlinien λ 4128 und 4131 eignen sich gut zur Vermessung. Ferner erscheint die Linie K sehr stark und scharf, und auch die Magnesiumlinie λ 4481 ist gut definiert. Die auf der Yerkessternwarte von Anfang 1904 bis Mai 1907 erhaltenen Spektralaufnahmen sind jetzt von Naozo Jchinohe vermessen und die Ergebnisse zu einer Bahnberechnung dieses spektroskopischen Doppelsternes benutzt worden.[1]) Die gemessenen Radialgeschwindigkeiten des Sternes variieren zwischen +89.1 und —52.9 *km*, also recht erheblich. Die Umlaufsperiode um den Schwerpunkt ergab sich zu 6.393 Tagen. Für die Radialgeschwindigkeit, mit der sich der Schwerpunkt des Systems bewegt, fand sich +26.3 *km* pro Sekunde. Die Exzentrizität der Bahn beträgt 0.149, die große Halbachse der Bahn 5 890 000 *km*, falls diese Bahn in der Gesichtslinie zur Erde liegt. Die Messungen, aus denen diese Ergebnisse abgeleitet sind, beziehen sich ausschließlich auf die Hauptkomponente des Spektrums von $\varkappa$ Cancri, denn dieser Stern zeigt noch ein anderes Spektrum wie Prof. Frost und Adams gefunden haben. Die Linien, welche diesen zugehören, sind jedoch so fein, daß sie nicht genau genug zu messen waren, und muß deren Untersuchung aufgeschoben werden, bis weitere geeignetere Aufnahmen vorliegen.

Der spektroskopische Doppelstern β Cephei wurde seit 18. Dezember 1901 auf dem Yerkesobservatorium spektrographisch untersucht, und es hat sich dabei ergeben, daß er in sehr kurzer Zeit seine radiale Geschwindigkeit periodisch verändert, also ein spektroskopischer Doppelstern von äußerst kurzer Umlaufszeit ist. Prof. B. Frost vermutete schon 1902, daß die Umlaufszeit $^3/_4$ oder $1^1/_2$ oder 3 Tage betrage, doch es war nicht möglich, eine Entscheidung hierüber zu treffen. In den Jahren 1903, 1904 und 1905 ist der Stern auf dem Yerkesobservatorium nur selten untersucht worden, es wurden im ganzen nur zwölf Platten erhalten, im Jahre 1906 hat da-

[1]) Astrophysical Journal 1907. June. p. 315.

gegen Prof. Frost Vorkehrungen getroffen, um während einer einzigen Nacht mehrere Aufnahmen zu erhalten. Es gelangen in der Tat in den Nächten des 18. bis 21. Mai 1906 acht spektrographische Aufnahmen. Aus den vorläufigen Messungen der Linienverschiebungen ergab sich nun, daß die Periodendauer wenig von $4^h\ 30^m$ verschieden ist. Nachdem dies sicher gestellt war, wurde der Versuch gemacht, den Stern mehrere Nächte hindurch fortlaufend aufzunehmen, und es gelang am 28. Mai 16 Platten mit einer durchschnittlichen Exponierungsdauer von je 12 Minuten zu erhalten. Am 6. Juli wurden weitere 14 Platten mit durchschnittlich 22^m Expositionsdauer und am 27. August 20 andere mit 20 Minuten Exponierung erhalten, außerdem weniger vollständige Reihen am 18. und 22. Juni. Diese Aufnahmen zeigen endgültig, daß der Stern den ganzen Zyklus seiner veränderlichen Radialgeschwindigkeiten in einer einzigen kurzen Sommernacht durchläuft, eine Tatsache, die für einen spektroskopischen Doppelstern bis jetzt einzig dasteht. Die kürzeste Periode eines spektroskopischen Doppelsternes war bisher die von μ Scorpii, welche 1.45 Tage beträgt, außerdem ist der Veränderliche R Canis majoris als spektroskopischer Doppelstern erkannt, dessen Lichtwechsel $27^h\ 16^m$ beträgt, doch ist die Periode seiner Realgeschwindigkeit noch nicht bestimmt. Von gewöhnlichen veränderlichen Sternen hat W Ursae majoris eine Periode von $4^h\ 0^m$, und der Veränderliche 14. 1904 Cygni eine solche von $3^h\ 14^m$, letztere die kürzeste bei einem Veränderlichen, welche man bis heute kennt. Die endgültige Untersuchung der Spektrogramme von β Cephei muß noch zurückgestellt bleiben, doch hat Prof. Frost wenigstens vorläufige Resultate abgeleitet.[1]) Er betont, daß bei einem Sterne wie diesem die Dauer der Exponierung von Wichtigkeit ist, da sie einen beträchtlichen Bruchteil der Periode des Sternes umfaßt. Letztere nimmt er vorläufig zu $4^h\ 34^m\ 11^s$ an, und die radiale Geschwindigkeit variiert zwischen +12 und —22 *km* pro Sekunde, woraus eine Bewegung des ganzen Systems von —5 *km* pro Sekunde und eine Umlaufsgeschwindigkeit von 17 *km* in der Sekunde sich ergibt. Unter diesen Annahmen würde für den Radius der Bahnbewegung des hellen Sternes in der Projektion auf die Gesichtslinie zur Erde, eine Größe von nur 45 000 *km* folgen, man muß daher schließen, daß die wahre Bahnebene sehr stark gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigt ist. Jedenfalls kann man annehmen, daß die Entfernung des hellen Sternes vom gemeinsamen Schwerpunkte beider Massen sehr klein ist. Auf einigen Platten zeigen mehrere Linien des Spektrums Andeutungen von Zusammengesetztheit, was auf die Vermutung führt, daß der unsichtbare Begleiter nur ein oder zwei Größenklassen schwächer ist als der sichtbare Hauptstern. Das Spektrum selbst ist ein schönes Beispiel der Spektra des Oriontypus und gut

---

[1]) Astrophysical Journal. **24.** 1906 Nov. p. 259.

meßbar. Es ist, wie Prof. Frost hervorhebt, eine merkwürdige Erscheinung, daß Platten, die in unmittelbarer Folge hintereinander aufgenommen wurden, in Abständen der Mitte der Exposition von weniger als einer halben Stunde, deutliche Änderungen der radialen Geschwindigkeit zeigen, die bis zu 10 *km* betragen.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der Sternhaufen Messier 92 im Herkules, ist von K. Bohlin vermessen worden.[1]) Dieser Sternhaufen gehört zu den interessanten Gebilden, die von William Herschel Globular Clusters genannt worden sind. Von H. Schultz ist eine Anzahl Sterne dieses Objekts während der Jahre 1865 bis 1875 mit dem 9-zölligen Refraktor der Sternwarte in Upsala in sorgfältiger Weise mikrometrisch ausgemessen worden. Hauptsächlich aus diesem Grunde wurde dieses Objekt zur photographischen Ausmessung an der Stockholmer Sternwarte aufgenommen. Eine erste Aufnahme des Objekts wurde am 29. April 1898 erhalten und zeichnet sich durch verhältnismäßig große Schärfe und Klarheit aus. Die Ausmessung umfaßt 348 Sterne.

Die Koordinaten des Sternhaufens sind:

	α 1900.0	δ 1900.0
Messier 92	$17^h\ 14.1^m$	$+43^\circ\ 15'$

derselbe ist also unweit von Messier 13, dessen Koordinaten

	α 1900.0	δ 1900.0
Messier 13	$16^h\ 38.2^m$	$+36^\circ\ 39'$

sind, gelegen.

Der Zeitunterschied zwischen den Messungen in Upsala und Stockholm, der 25 Jahre (1873 bis 1898) beträgt, ließ erwarten, daß gewisse Verschiebungen sich aus der Vergleichung der beiden Beobachtungsreihen herausstellen würden. Dieses zeigte sich auch in der Tat in der Weise, daß die Abweichungen in der Rektaszension zwischen den Stockholmer und Upsalaer Beobachtungen ziemlich groß und vorwiegend positiv sind, während die Deklinationsdifferenzen durchgängig negativ werden. Die größten Abweichungen sind $\varDelta\alpha = +6.6''$ und $\varDelta\delta = -4.6''$. Auch die Abweichungen vom Mittel sind ganz merkbar und gesetzmäßig. „Die Darstellung derselben erweist, daß die mehr zentralen Sterne sich nach dem Zentrum des Cluster hin zusammengedrängt haben, während die peripherischen Sterne einen gesetzmäßigen Verlauf im Sinne einer Drehung

[1]) Artron. iaktt. och undersökn. å Stockholms Observatorium **8**. Nr. 3. — Astron. Nachr. Nr. 4165.

in negativer Richtung aufweisen. In welchem Maße diese sonderbaren Abweichungen auf wirklichen Bewegungen beruhen, und inwiefern anderseits gewisse bei visuellen Beobachtungen unvermeidliche Einstellungsfehler dabei beteiligt sind, bleibt freilich noch unentschieden. Ganz in der Nähe des Zentrums, wo die Sternbilder sich überlagern, steht, wie gewisse Erscheinungen bei den astrophotographischen Aufnahmen allgemein andeuten, schon durch die intensivere Belichtung in Verbindung mit der Entwicklungsprozedur, eine Verengung des Bildes zu erwarten."

Prof. Barnard bemerkt,[1]) daß der Sternhaufen Messier 92 einer von denjenigen ist, die er seit längerer Zeit am 40-Zoller der Yerkessternwarte unter Beobachtung halte. Unter den von ihm vermessenen Sternen sind mehrere, die sowohl bei Schultz als bei Bohlin vorkommen. Bei Reduktion seiner eigenen wie der Schultzschen Messungen auf das System Bohlin zeigen sich auch einige große Diskordanzen, doch kommt Prof. Barnard zu dem Schlusse, daß es sich hierbei keineswegs um wirkliche Eigenbewegungen dieser Sterne handle.

Die Nebel um die Nova im Perseus. Eine Zusammenfassung und Kritik der in Betracht kommenden Arbeiten ist jetzt erschienen in einer Untersuchung: „Über die Nebel der Nova Persei", welche A. Kopff vom Astrophysikalischen Institut Königstuhl-Heidelberg soeben veröffentlicht hat.[2])

Der erste Entdecker des Nebels um die Nova des Perseus ist Prof. Dr. M. Wolf. Er konstatierte durch eine Aufnahme vom 22. Aug. 1901 „südlich und etwas östlich in der Nähe der Nova eine deutlich erkennbare, aber äußerst schwache und trotzdem strukturreiche Nebelmaterie",[3]) indem er zugleich den optischen Charakter einer von andern um den Stern gefundenen Aureole nachwies.[4]) Diese Entdeckung wurde dann durch eine Aufnahme von Ritchey (1901 Sept. 20)[5]) bestätigt, dessen Reflektor die Nova von einer unregelmäßigen, aber konzentrisch angeordneten Nebelmasse umgeben zeigte, deren hellste Teile sich südlich der Nova befanden. Weitere Aufnahmen von Perrine (1901 Nov. 7 und 8) und Ritchey (1901 Nov. 9) ergaben eine lebhafte Bewegung der Nebelkondensationen,[6]) die sich nach allen Richtungen hin von der Nova zu entfernen schienen. Da der ganze Vorgang nur auf photographischem Wege zu beobachten war, so blieb die weitere Verfolgung dieser rätselvollen Erscheinung nur wenigen Sternwarten vorbehalten. Neben Perrine und Ritchey hat Prof. Wolf die Novanebel in der folgenden Zeit wiederholt photographiert. Auch von Bohlin sind einzelne Aufnahmen zu erwähnen.

Kopff gibt nun zunächst eine Bearbeitung der in Heidelberg erhaltenen Aufnahmen. Die Nova wurde dort an folgenden Abenden photographiert:

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4202.

[2]) Publikationen des Astrophysiklischen Instituts Königstuhl-Heidelberg. **2**. Nr. 9.

[3]) Astron. Nachr. Nr. 3736.

[4]) Ebenso Kostinsky, Astron. Nachr. Nr. 3737.

[5]) Astrophys. Journal **14**. p. 167.

[6]) Astron. Nachr. Nr. 3748 und 3750.

		Expositionszeit					Expositionsdauer	
1901	Aug. 22	14h	7.3m	bis	15h	12.3m	1h	5m
	Aug. 23	10	56.3	„	15	2.3	4	6
	Nov. 17	9	3.3	„	13	9.3	4	6
	Dez. 5	8	23.5	„	10	33.4	2	10
	Dez. 16	10	26.5	„	13	21.5	2	55
1902	Febr. 3—4	3 : 7	2.7	„	10	24*)	6	42
		4 : 8	47.7	„	12	47.7		
	März 5	7	16.9	„	11	26.9	4	10
	März 12	7	36.9	„	10	0.9	2	24

*) Durch Wolken wiederholt unterbrochen.

Alle Aufnahmen mit Ausnahme der ersten, die zu kurze Expositionsdauer hat, wurden vermessen. Von den Originalplatten wurden Reproduktionen in 4.4 bis 5.7 facher Vergrößerung hergestellt, auf denen auch die schwächern Nebelpartien recht deutlich hervortreten. Freilich war das Korn beim Aufsuchen und beim Messen der feinen Objekte störend, und um falsche Nebel zu vermeiden, wurden die Platten mit den Zeichnungen Ritcheys verglichen.

Reproduktionen der photographischen Aufnahmen und der Zeichnungen Ritcheys finden sich im Sirius, Jahrg. 1902, Tafel II und III, worauf hier verwiesen wird. Auf letztern finden sich auch die Bezeichnungen a bis f, welche Ritchey für die hauptsächlichsten von ihm untersuchten Kondensationen in dem Nebel um die Nova gegeben hat. Diese Kondensationen sind auch von Kopff in Betracht gezogen worden, außer ihnen aber auch noch eine Anzahl anderer. Als Position der Nova selbst wurde nach Bellamy angenommen (für 1900.0)

$$AR = 3^h\ 24^m\ 24.12^s$$
$$D_a = +43^\circ\ 33'\ 39.5''$$

und auf diesen Punkt die einzelnen Nebelkondensationen, gemäß den Ausmessungen auf den Platten bezogen. Die Bezeichnung derselben ist mit derjenigen Ritcheys jedoch nicht identisch. Von den Positionen der einzelnen Nebelkondensationen wurde eine Karte hergestellt, in die aber der bessern Übersicht wegen nur die Positionen von 1901 Aug. 23, Nov. 17, Dez. 16; 1902 Febr. 3 bis 4 und März 5 eingetragen wurden; die Nebel der gleichen Aufnahme wurden gleichartig bezeichnet. Diese Punkte wurden auf der Karte durch gerade Linien verbunden, die also den Verlauf der Südgrenze des Nebels m angeben. Auch für 1902 März 12 wurde diese gerade Linie eingetragen, jedoch ohne ihre Endpunkte zu bezeichnen. Auf der Karte sind noch die Punkte der gleichen Aufnahme, sowie die als identisch angesehenen Punkte verschiedener Aufnahmen verbunden, so daß die Karte also den Verlauf der Südgrenze der hellern Novanebel an den betreffenden Tagen, sowie die Bahnen einzelner Kondensationen gibt.

Das Gesamtbild der Umgebung der Nova ist bei den mit dem Bruceteleskop hergestellten Aufnahmen dasjenige, das die Zeichnungen Ritcheys[1]) und die Photographien Perrines[2]) zeigen.

Kopff gibt zunächst eine genaue Charakteristik der einzelnen Aufnahmen und wendet sich dann zur Untersuchung der Bewegung und Gestaltveränderung der Novanebel, wobei er die Veröffentlichungen Perrines und Ritcheys mit in Betracht zieht. „Es werden dabei die Nebel zunächst als reelle Gebilde angesehen, deren Bewegung in einer Ebene, der Bildebene, vor sich geht. Die aus den Positionen der einzelnen Aufnahmen hergeleitete Bewegung hängt nun wesentlich davon ab, welche Nebel man als zusammengehörig betrachtet. Das Aufsuchen identischer Nebel wird durch eine mit dem Ortswechsel verbundene Formveränderung erschwert und ist nur bei einer Gruppe außer allem

[1]) Astrophys. Journal **15**. p. 129.
[2]) Astrophys. Journal **16**. p. 249 = Lick Bull. Nr. 23.

Zweifel. Auch wird das Bild der Bewegung leicht dadurch verzerrt, daß auf verschiedenen Aufnahmen nicht die entsprechenden Stellen der einzelnen Nebel aufgefaßt wurden. Die Vergleichung der Positionen kann also nur zu einem in großen Zügen richtigen Bilde führen.

Aus den Aufnahmen vom 23. Aug. und 17. Nov. ergibt sich als Weg in 86 Tagen für die mit nachstehenden Buchstaben bezeichneten Nebelkondensationen

a	a_2	a_3
92″	99″	89″

als tägliche Geschwindigkeit:

1.07″	1.12″	1.03″.

Nun stehen die Nebel offenbar mit dem Ausbruche der Nova (1901 Febr. 21) in Verbindung und sind von derselben ausgegangen. Hätten sie sich mit derselben Geschwindigkeit, die sie zwischen August und November zeigen, auch vorher bewegt, so wäre der Tag des Wegganges von der Nova für:

a	a_2	a_3
1900 Aug. 17	Okt. 9	Juli 3.

Entsprechend ist die tägliche Geschwindigkeit gemäß obigen Aufnahmen und der Tag der Loslösung für die Kondensation:

b	c	d	x	y
1.12″	0.91″	1.43″	0.97″	1.26″
1900 Okt. 12	00 Aug. 25	01 Jan. 17	1900 Sept. 25	01 Febr. 21.

Es ist also höchstens für y und d eine ziemlich gleichförmige Geschwindigkeit vom Ausbruche der Nova bis Mitte November 1901 anzunehmen.

Für die andern Nebel, die etwa am 21. Febr. 1901 (jedenfalls nicht früher) von der Nova ausgegangen sein müssen, folgt eine ungleichförmige, langsamer werdende, bei verschiedenen Objekten verschiedene Bewegung. Das stimmt auch mit dem weitern Verlaufe der Bewegung überein. Dazu tritt noch eine Änderung im Positionswinkel, so daß also die Bewegung der Novanebel in der Bildebene eine vollkommen ungleichförmige, krummlinige ist."

Diese wird nun von Kopff im einzelnen weiter verfolgt, und er kommt zu dem Ergebnisse, daß man im wesentlichen in der Umgebung der Nova dreierlei in Entfernung und Verhalten verschiedene Kondensationen unterscheiden könne:

„1. Den Nebel m, der bis Anfang Dezember eine konstante Entfernung von etwa 135″ von der Nova hat, der sich bis Mitte Dezember nach Süden bewegt und dann mit großer Geschwindigkeit hauptsächlich nach Westen und Nordwesten ausbreitet.

2. Die Nebel der innern Ellipse, die anfangs eine mittlere tägliche Geschwindigkeit von etwa 2″ haben, die von August ab auf 1″, später noch weiter heruntersinkt. Von Einzelheiten abgesehen, hört die Bewegung im Februar fast ganz auf, wächst aber dann rasch zu der frühern Geschwindigkeit wieder an. Die Nebel sind einer lebhaften Form- und Helligkeitsänderung unterworfen. Der Abstand der im Südosten gelegenen hellsten Gruppen ist für August im Mittel 384″, für Mitte Dezember 492″. Hierzu sind auch noch die innerhalb der Ellipse gelegenen Nebel zu rechnen.

3. Die Nebel der äußern Ellipse, die im allgemeinen sehr schwach sind, von denen einzelne aber zu bedeutender Helligkeit anwachsen. Die eine oder andere Kondensation scheint sich sogar neu zu bilden, war aber jedenfalls vorher zu schwach, um wahrgenommen zu werden. Die Nebel haben sich mit nahezu doppelt so großer Geschwindigkeit wie die innern Nebel von der Nova entfernt; diese Geschwindigkeit läßt aber schon Ende 1901 bedeutend nach, so daß eine augenfällige Vergrößerung der äußern Ellipse nicht mehr wahrzunehmen ist. Die große Achse zeigt Anfang Januar 1902 eine Ausdehnung

von 1065″ im Mittel, die kleine von 849″. Der Abstand der äußern Nebel ist also ziemlich genau der doppelte desjenigen der innern.

Zu erwähnen ist noch, daß der Positionswinkel für innere und äußere Nebel der Hauptsache nach kleiner wird. Für den westlichen Teil von m, für das im Südwesten liegende E_1 und im Westen liegende G wächst er an, ebenso zeitweise für einzelne Kondensationen im Innern der kleinern Ellipse.

Hierzu kommen:

4. Die strukturlosen Nebel außerhalb der äußern Ellipse, deren Zugehörigkeit zu den eigentlichen Novanebeln fraglich ist.“

Im 3. Teil seiner Untersuchungen beschäftigt sich Kopff mit den Theorien über die Novanebel. Er betont zunächst, daß man bei Beurteilung der Vorgänge um die Nova Persei vor allem darauf zu achten habe, daß die Bewegung der einzelnen Kondensationen nicht in einer Ebene, sondern im Raume vor sich geht; daß das zu uns kommende Licht von einer primären Strahlung herrührt, die sich in irgend welcher Richtung von der Nova entfernt hat. Kapteyn schon hat bei Aufstellung seiner Hypothese hierauf Rücksicht genommen, und Newcomb[1]) hat die Formeln unter Annahme von Lichtgeschwindigkeit für die primäre Strahlung gegeben.

„In den ersten Tagen nach Entdeckung der Nebel,“ fährt Kopff fort, „besonders als deren außerordentlich rasche Bewegung noch nicht bekannt war, hielt man die Kondensationen für enorme Gasmassen und dachte an eine Umbildung des Sternes in Nebelmaterie. Zu dieser Annahme war man um so mehr berechtigt, als das Spektrum der neuen Sterne auf eine solche Umwandlung hinzuweisen scheint. So glaubt Pickering,[2]) die Nebel als ausbrechende Gasmassen nach Art der Sonnenprotuberanzen ansehen zu dürfen. Schon vor Entdeckung des Nebels[3]) schloß er aus dem Verhalten der hellen und dunkeln Linien im Novaspektrum auf die Richtigkeit der Explosionstheorie der neuen Sterne, die deren Aufleuchten auf Ausbrüche von Gasmassen aus dem Innern zurückführen will, und verwarf die Kollisionstheorie, die das Entstehen neuer Sterne durch den Zusammenstoß von Materie erklärt, seien es einzelne Körper, Nebel oder Meteorschwärme. In den von der Nova ausgehenden Nebeln sah Pickering nur eine Bestätigung dieses Resultats. Auf Grund solcher Annahme ist versucht worden, die Parallaxe der Nova zu bestimmen.[4]) Aus einer Aufnahme des Goodsell Observatory ergab sich unter der Voraussetzung, daß die wirkliche Geschwindigkeit der Kondensationen senkrecht zum Visionsradius dieselbe sei, wie die aus spektroskopischen Messungen im Visionsradius gefundene, eine Parallaxe von 1.5″ für die Nova.

Nun weisen aber die direkten Bestimmungen von Aitken, Chase, Hartwig und Courvoisier auf eine äußerst kleine, wenn überhaupt meßbare Parallaxe hin, auch die Ausmessungen photographischer Platten am Royal Observatory, Greenwich,[5]) lassen auf einen beträchtlich kleinern Wert als 0.1″ schließen, so daß die Geschwindigkeit der Novanebel diejenige der Protuberanzen weit übertreffen muß. Den einzigen reellen Wert hat Bergstrand[6]) gegeben. Unter Berücksichtigung der Dispersion der Luft findet er aus einer Reihe von Aufnahmen für die jährliche Parallaxe der Nova $= 0.03'' \pm 0.01''$. Wie Schaeberle[7]) hervorhebt, können alle diese Werte, da sie aus relativen Bestimmungen hervorgegangen sind, mit großen Fehlern behaftet sein, die dadurch hervorgerufen sind, daß die Vergleichsterne selbst uns sehr nahe liegen. Für eine einwandfreie Beurteilung der Bewegung der Novanebel wäre es also von großem Vorteile,

---

1) The Astronomical Journal 1903. Nr. 549 bis 550.
2) Astrophys. Journal **16**. p. 68.
3) Astrophys. Journal **13**. p. 277.
4) Popular Astronomy **9**. p. 575.
5) Monthly Notices **62**. p. 492.
6) Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik. 1.
7) Astron. Nachr. Nr. 3935.

wenn man aus diesen selbst die Parallaxe der Nova herleiten könnte. Auch die von Prof. Wolf[1]) anfangs ausgesprochene Ansicht, daß es sich um fortschreitende Explosionen von Gasen handeln könne, mußte bei so kleiner Parallaxe hinfällig werden. Wie Very angibt,[2]) ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beim Knallgas zu 2819^m pro Sekunde bestimmt worden. Prof. Wolf[3]) hat nun zuerst darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeit des Lichtes die für die Nebel wahrscheinlichste ist, eine Annahme, die auch den meisten Hypothesen zugrunde liegt. Hieraus hat er aus der Bewegung der Kondensation A eine mit den direkten Messungen gut übereinstimmende Parallaxe von 0.012″ hergeleitet, wobei freilich die Bewegung des Nebels senkrecht zum Visionsradius angenommen wurde. Eine größere Geschwindigkeit als die des Lichtes anzunehmen, ist schon deshalb unstatthaft, weil uns in der Natur solche Strahlungen nicht bekannt sind."

Was die Hypothesen über das Wesen des Vorganges der sich für uns in dem Aufleuchten der Nova und der Nebelbewegung um dieselbe darstellt, so lassen sich diejenigen, welche überhaupt beachtenswert sind, nach Kopff in zwei Gruppen teilen wie folgt:

1. Irgend welche primäre Strahlung, die von der Nova ausging, trifft auf bereits im Raume vorhandene Nebel, die bisher unsichtbar waren, und bringt dort in irgend welcher Weise eine sekundäre Strahlung hervor, die dann auf die photographische Platte wirkt.

2. Von der Nova geht fein verteilte Materie aus, die selbst als Nebel auf der Platte sichtbar wird.

„Den Vorzug größter Einfachheit," sagt Kopff, „hat eine Theorie, die gleichzeitig Kapteyn,[4]) Seeliger[5]) und W. E. Wilson[6]) aufgestellt haben. Danach hat der Nebel, der den Stern umgibt, kein oder nur äußerst schwaches Licht, und das, was die Wirkung auf der Platte hervorgebracht hat, ist das Licht der Nova selbst, das an diesen Nebeln reflektiert wurde. . . .

Aus den ersten Veröffentlichungen folgerte Kapteyn, „daß die Nebelmasse in der Nähe der Nova größtenteils aus Nebelstreifen bestehe, die in einem Raume enthalten sind, der auf der Sonnenseite von einer Ebene begrenzt ist. Diese Ebene muß gegen die Gesichtslinie eine Neigung von etwa 79° haben in solcher Richtung, daß der südwestliche Teil der Sonne am nächsten ist, und die Nova muß nahe an dieser Ebene stehen, also wenig in die Nebelmasse eingedrungen sein." Die aus der Bewegung hergeleitete Parallaxe der Nova gibt Kapteyn zu 0.011″ an. Auch Wilson[7]) hat die Parallaxe der Nova aus der Bewegung der Nebel berechnet. Aus Ritcheys Nebel a findet er für zwei verschiedene Beobachtungen 0.013″ und 0.012″. Da aber auch hier die Bewegung von a senkrecht zum Visionsradius angenommen wurde, so können, wie Kopff bemerkt, diese Werte nur dann Anspruch auf Wahrheit erheben, wenn diese Annahme zufällig erfüllt war. Das zu entscheiden, ist aber nicht möglich.

„Wenn uns," fährt Kopff fort, „die Erscheinung um die Nova Persei schon vorhandene Nebelmassen anzeigt, so muß man, wie Seeliger[8]) ausführt, schließen, daß die Strahlung von der Nova nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Intensität vor sich gegangen ist, und daß diese Materie nicht gleichförmig um die Nova verteilt liegt, sondern aus Bändern und Schalen besteht. So kann, wie Seeliger hervorhebt, jede beliebige Gestalt, Gestalts-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3752.

[2]) The American Journal of Science [4]. **16**. p. 49.

[3]) Astron. Nachr. Nr. 3753.

[4]) Astron. Nachr. Nr. 3756.

[5]) Astron. Nachr. Nr. 3759.

[6]) Nature **65**. p. 98.

[7]) Nature. **65**. p. 298 und The scientific Proceedings of the R. Dublin Society N. S. **9**. p. 556.

[8]) Astrophys. Journal. **16**. p. 187 und **20**. p. 105.

veränderung und Bewegung verständlich werden, und eine sich unverändert weiterbewegende Kondensation zeigt nur an, daß in dieser Richtung ein Nebelstreif hinzieht, längs dessen die Materie gleichförmig verteilt ist."

Gegen die Theorie Prof. v. Seeligers sind verschiedene Bedenken laut geworden, die Kopff im einzelnen mitteilt und kritisch prüft. Hier kann nur einiges hervorgehoben werden.

Zunächst entsteht die Frage, ob unter den obwaltenden Umständen das reflektierte Licht stark genug ist, eine noch merkliche Wirkung auf der Platte hervorzurufen. Diese Frage wird von Prof. v. Seeliger auf Grund seiner theoretischen Untersuchungen bejaht, andere sprechen sich verneinend aus, Kopff stimmt ihr aber zu. Allerdings ist es nicht gelungen, bei den Novanebeln Polarisation des Lichtes nachzuweisen, indessen ist dies, wie schon v. Seeliger hervorgehoben hat, kein absolut zwingender Grund, in diesem Falle reflektiertes Licht auszunehmen.

„Perrine[1]) hat das Licht der Novanebel spektroskopisch untersucht. Da Aufnahmen von sieben bis elf Stunden Expositionsdauer immer nur den Nebel D (= m) zeigten, so beschränkte sich Perrine auf die Untersuchung dieser Kondensation. Eine Aufnahme von 34 Stunden gibt nur ein äußerst schwaches, aber diesem Nebel zweifellos angehörendes Spektrum. Dreiviertel des Lichtes des Nebels ist in den Teil des Spektrums zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ zusammengedrängt, gegen ultraviolett ist das Licht sehr schwach und fehlt gänzlich zwischen λ 380 und λ 390. Spuren von zwei Linien sind angedeutet, die eine fällt wahrscheinlich mit $H\delta$ zusammen, die andere liegt bei λ 370. Sie sind indessen so schwach, daß ihre Existenz nicht sicher ist.

Vergleicht man damit das Spektrum der Nova selbst, so zeigt sich eine große Ähnlichkeit mit demjenigen in den ersten Tagen nach dem Ausbruche. So zeigt das in Pulkowa[2]) erhaltene Spektrum vom 29. Febr. 1901 seine größte Helligkeit ebenfalls zwischen $H\beta$ und $H\gamma$, wird gegen kleinere Wellenlängen hin schwach und erreicht bei $H\delta$ nochmals ein Maximum. Bei etwa λ 400 tritt wieder eine geringe Zunahme des Lichtes auf, zwischen λ 380 und λ 390 fehlt es auch hier ganz. Das Spektrum der Nova ist nicht weiter nach violett hin beobachtet, so daß hier ein Vergleich beider Spektren nicht möglich ist.

Das Spektrum des Nebels ist jedenfalls nicht identisch mit dem der Nova seit Juli 1901. Hier zeigen sich zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ zwar auch noch helle Linien, und es wäre nicht unmöglich anzunehmen, daß die geringere Dispersion des Nebelspektrums diese Linien nicht zu trennen vermocht hätte. Aber die hellsten Teile des spätern Novaspektrums liegen bei λ 387 und λ 397, während das Spektrum des Nebels hier kein oder nur äußerst schwaches Licht zeigt. Die bei $H\delta$ liegende Linie des Nebelspektrums fehlt anderseits im Spektrum der Nova.

Das Spektrum der Kondensation D ist auch kein gewöhnliches Nebelspektrum. Denn in einem solchen treten die Linien $H\beta$ und $H\gamma$ als scharf begrenzte helle Linien auf, während das Spektrum von D zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ kontinuierlich ist.

Eine Aufnahme 1903 Febr. 17 der Nova mit demselben Spektrographen, mit dem auch die Kondensation D aufgenommen wurde, zeigte etwa dasselbe Spektrum, das die Nova schon im Herbste 1901 hatte. Die hellste Linie war hier λ 387, die mit der kaum angedeuteten Linie λ 370 im Spektrum von D nicht identisch sein kann.

Perrine kommt also zu dem Schlusse, daß das Spektrum der Kondensation D kein gewöhnliches Gasnebelspektrum ist, nicht das Spektrum der Nova, seit letzteres in ein Nebelspektrum übergegangen ist, sondern daß die Kondensation

---

[1]) Astrophys. Journal **17**. p. 310.

[2]) Publications de l'Observat. Central Nicolas Série 2. **17**.

D ungefähr dasselbe Licht ausstrahlt, das die Nova kurze Zeit nach ihrem Ausbruche besaß."

„Diese Beobachtung," sagt Kopff, „könnte als eine wesentliche Stütze der Seeligerschen Theorie betrachtet werden, obgleich sie auch in anderer Weise gedeutet zu werden vermag".

Im weitern behandelt Kopff verschiedene andere Hypothesen, besonders diejenige, welche Prof. Very aufgestellt hat, findet aber, daß keine derselben einen Vorzug vor der Seeligerschen Anschauung besitzt, und bemerkt zum Schlusse:

„Sieht man von dem Nebel m ab, dessen Existenz als selbstleuchtende Materie kaum einem Zweifel unterliegt, so vermag die Seeligersche Theorie in ziemlich einwandsfreier Weise die übrigen Erscheinungen zu erklären.

Wollte man trotzdem für die ganze Erscheinung eine einheitliche Erklärung geben, wozu eine gewisse Berechtigung nicht abzuleugnen ist, dann müßte man die Erscheinung durch die Bewegung von Massenteilchen deuten, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit, deren größte von der des Lichtes nicht allzu stark abweichen kann, von der Nova entfernen und zum Teile in bereits vorhandenen, unregelmäßig um die Nova gelagerten Nebelmassen sich weiterbewegen, wobei die Teilchen selbstleuchtend sind, außerdem aber in den ruhenden Nebeln Lichterscheinungen hervorrufen. Die der Nova naheliegenden Massen besitzen anfangs nur geringe Bewegung und fangen erst später an, sich am Rande lebhaft auszubreiten. Dabei können die Teilchen unter einem von der Nova ausgehenden Strahlungsdruck stehen, der jedoch durch den Widerstand in den Nebeln mehr oder weniger aufgehoben wird und nur zuweilen in der an einzelnen Nebeln beobachteten Beschleunigung sich äußert.

Es läge nahe, bei den Novanebeln an Vorgänge zu denken, die der Strahlung des Radiums verwandt sind. Hingewiesen sei hierbei noch auf eine Bemerkung Hartmanns,[1]) der bei seiner ersten Untersuchung des Spektrums des Emaniumlichtes die Vermutung ausspricht, „daß möglicherweise eine Beziehung dieses Spektrums zum Spektrum der neuen Sterne bestehen könnte." Sowohl nach der Form der Hauptlinie des Emaniums als auch nach den gefundenen Wellenlängen zu schließen, kann eine solche Beziehung vorhanden sein.

Jedes Übertragen jedoch von selbst noch vollkommen rätselhaften Erscheinungen der Physik und damit jedes Eingehen in Einzelheiten kann nur zu Vermutungen von mehr als fraglicher Natur führen."

Untersuchungen über den Andromedanebel. Bekanntlich hat Roberts durch photographische Aufnahme dieses großen Nebels 1888 zuerst erkannt, daß derselbe ein flacher Spiralnebel ist, der schräg gegen die Gesichtslinie zur Erde liegt, und dessen zentrale Kondensation allem Anscheine nach kugelförmige Gestalt besitzt. Seitdem sind zahlreiche photographische Aufnahmen dieses Nebels erhalten worden, die diejenige von Roberts bestätigen.

Eine sehr wertvolle Untersuchung der photographischen Aufnahmen, welche von dem Andromedanebel auf dem astrophysikalischen Institut Königstuhl-Heidelberg gemacht worden sind, hat jetzt P. Götz veröffentlicht.[2])

---

[1]) Physikal. Zeitschrift 5. p. 571.

[2]) Publikationen des Astrophysikalisch. Instituts Königstuhl-Heidelberg. 3. Nr. 1.

Sehr richtig bemerkt er in der Einleitung: „Wenn auch photographische Aufnahmen an und für sich für die Erforschung des Weltsystems einen nicht hoch genug einzuschätzenden Wert haben, so können sie doch die exakte Arbeit auf diesem Gebiete nicht ausschalten. Ganz besonders gilt das für die Nebelforschung. Selbst die Erfindung des Stereokomparators, der es ja bekanntlich ermöglicht, Aufnahmen direkt zu vergleichen und somit Resultate, die sonst nur mit großem Arbeitsaufwande gefunden werden können, unmittelbar abzulesen, hat uns in dieser Hinsicht nicht viel weiter gebracht. Es ist zweifellos, daß der Stereokomparator in ferner Zukunft bei den Nebelflecken das Gewünschte leisten wird; die Zeit seit Einführung der Photographie in der Himmelskunde ist aber noch viel zu kurz im Verhältnisse zu den Zeiträumen, die zur Umbildung und Bewegung jener wunderbaren Systeme erforderlich sein müssen, um das jetzt schon zuzulassen. Anderseits liegt die Gefahr sehr nahe, daß die photographischen Platten sich nicht lange genug konservieren lassen, um in späterer Zeit mit den Neuaufnahmen verglichen werden zu können. Der einzig rationelle Weg, Aufschlüsse über solche ferne Nebelsysteme zu erlangen, ist deshalb die möglichst rasche zahlenmäßige Festlegung der Resultate der photographischen Aufnahmen."

Diesen Zweck verfolgt die Arbeit, die Götz auf Anregung von Prof. Wolf in Angriff nahm.

Die allgemeinen Gesichtspunkte, nach denen eine derartige Untersuchung von Nebelsystemen anzulegen wäre, sind, wie er hervorhebt, wohl die folgenden:

1. Abstand des Systems von der Erde.
2. Verbindung zwischen dem Nebel und den Sternen.
3. Physikalische Konstitution.
4. Eigenbewegung des Systems.
5. Veränderung in der Gestalt der einzelnen Teile.
6. Veränderungen in der Helligkeit der einzelnen Teile.
7. Rotationsbewegung des Systems.
8. Rotationsbewegung eines oder mehrerer der einzelnen Teile.
9. Eigenbewegung eines oder mehrerer der einzelnen Teile.

Die Parallaxenbestimmungen des Andromedanebels haben bis jetzt zu keinem Ergebnisse geführt. Die spektroskopischen Untersuchungen Scheiners über die physikalische Konstitution brachten ihn zu dem Schlusse, daß der Nebel „aus Sternen besteht oder wenigstens der Hauptsache nach keine Gasmasse ist, und daß er im wesentlichen Fixsterne der Spektralklasse IIa enthält, sich somit in einem gegen unser System schon vorgeschrittenen Stadium befindet."

Es handelte sich somit für Götz, soweit dies eben bei einer ersten Bearbeitung möglich ist, um die Ausführung der Punkte 2. und 4 bis 9. des obigen Programmes. Zu diesem Zwecke wurde die Lage

des Nebels zu den über sein Gebiet hinweg verstreut liegenden Sternen fixiert, also die Örter aller dieser Sterne bestimmt und die Lage einer Reihe gut markierter und mit großer Wahrscheinlichkeit genau kontrollierbarer Punkte des Nebels zu den Sternen festgelegt. Mit der Frage über die Verbindung von Sternen und Nebelmaterie beschäftigt sich endlich ein mehr spekulativer Teil der Arbeit. Von einer photometrischen Untersuchung des Nebels mußte vorderhand abgesehen werden.

Für die vorliegenden Zwecke wurden sechs Aufnahmen benutzt, die am Institut auf dem Königstuhl mit dem Bruceteleskop von 16 Zoll Öffnung erhalten worden sind. Unter diesen Platten verdient eine den Vorzug, die 1901 August 14 von $9^h\ 15^m\ 24^s$ bis $12^h\ 55^m\ 24^s$ M. Z. Kgst. von Prof. Wolf aufgenommen worden ist bei anfangs wunderbar klarem Himmel. Während der letzten 40 Minuten wurde die Durchsichtigkeit schlechter, und zwar nach und nach in so bedenklicher Weise, daß die Aufnahme abgebrochen wurde. Der Nebel steht genau auf der Mitte der Platte. Das auf der Platte abgebildete Feld umfaßt 6.5° in Rektaszension und 8° in Deklination. Der Nebel bedeckt also nur einen kleinen Teil in der Mitte der Platte.

Die Ausmessungen sind am Repsoldschen Meßapparat des Instituts ausgeführt, und die Helligkeit der vermessenen Sterne schwankt zwischen der 9. und 16. Größe.

Die Arbeit der Ausmessungen der Platten verteilt sich über 51 Tage, durch dieselbe ist ein Katalog der Örter von 1259 Sternen in und nahe dem Nebel zustande gekommen. Um die Lage des Nebels unter den in diesem Kataloge enthaltenen Sternen für den Abend der Aufnahme zu fixieren, wurden die Örter aller einigermaßen gut definierten Punkte der Spiralen bestimmt. Auf die Schwierigkeiten einer solchen Vermessung hat schon Scheiner in seiner Abhandlung über den Orionnebel aufmerksam gemacht. „Bei dem Andromedanebel," sagt Götz, „liegt die Sache noch schlimmer. Die ganze Nebelmasse mit Ausnahme des hellen Kernes und seiner unmittelbaren Nachbarschaft ist so äußerst diffus, daß wirklich scharf bestimmte Punkte, z. B. schroffe Ecken, kleine Nebelwolken mit kernartiger Verdichtung, Höhlen oder Löcher in den Windungen der Spirale, nebelfreie Kanäle usw. in sehr geringer Zahl vorhanden sind. Diese wenigen markanten Stellen der Nebelmasse sind bei der Messung der Sterne mitgenommen. Zur Ortsbestimmung weiterer Punkte wurde dann eine Reproduktion benutzt. Gegen die Verwendung von Reproduktionsplatten zu Meßzwecken kann man schwerwiegende und berechtigte Einwände erheben. Hier war sie nicht zu umgehen. Durch die Reproduktion und gleichzeitige Vergrößerung sind die schwachen Nebelpartien herausgeholt, die Kontraste verschärft und dadurch die Erkennung der feinen Details in der Zeichnung der Nebellinien unbeeinflußt vom Korne der Platte ermöglicht. So konnte den auf der Hauptplatte vermessenen Ob-

jekten eine Reihe neuer hinzugefügt werden, die nachträglich auf der Originalplatte wohl identifiziert werden konnten, deren Messung dort aber ausgeschlossen ist. Die Positionen dieser Punkte sind auf zwei verschiedenen von Prof. Wolf hergestellten Reproduktionen desselben Originals ermittelt. Die eine ist eine 2.4-fache, die andere eine 1.9-fache Vergrößerung. Die Platten sind Negative, also durch doppelten Umdruck hergestellt. Daß die abzuleitenden Örter keinen großen Grad von Genauigkeit beanspruchen können, liegt in der Natur der Sache. Es wurden daher die Messungen nicht mit dem Repsoldschen Apparate, sondern mit dem Stereokomparator ausgeführt.“ Ausschließlich sind nur solche Objekte ausgewählt, die leicht wiedergefunden und wiedergemessen werden können.

Diese Positionen sind ebenfalls in einem Kataloge niedergelegt, und die Hoffnung ist begründet, daß das in beiden Katalogen niedergelegte Material schon in wenigen Dezennien die Erforschung der Bewegungsgesetze innerhalb der Nebelmasse ermöglichen wird. Damit wird sich dann auch von selbst die Frage lösen nach dem organischen Zusammenhange zwischen dem Nebel und den Sternen.

Götz gibt zunächst eine Schilderung der äußern Gestalt des Nebels, wobei er sich einer von ihm entworfenen Skelettkarte desselben bedient, die auf Seite 124 reproduziert ist.

Der Andromedanebel, sagt Götz, ist ein Spiralnebel, dessen Ebene wohl unter einem Winkel von ungefähr 15° gegen den Visionsradius geneigt sein mag. Das erschwert die Verfolgung der einzelnen Windungen der Spirale und beeinträchtigt die einwandfreie Erkenntnis seiner wahren Gestalt. Der Sinn der Spirale ist S-förmig nach der Wolfschen Bezeichnungsweise.

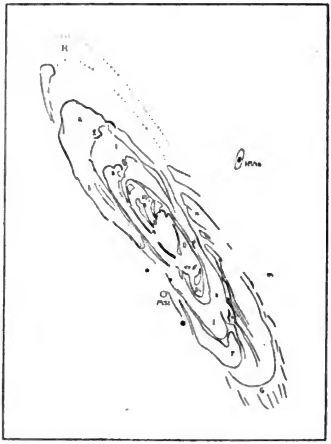
Der Kern des Nebels ist von kugeliger Struktur und überwiegt an Strahlungsintensität weit die äußern Nebelpartien. Das Maximum der Helligkeit ist im Zentrum des Kernes, das sternartig erscheint, und dessen Helligkeit von Holetscheck als 5.7 Größe bestimmt ist. Von da ab findet innerhalb des Kernes langsamer und ziemlich stetiger Lichtabfall nach allen Seiten statt. Eine Struktur in der Nebelmasse ist erst zu erkennen in einer Entfernung von etwa drei Bogenminuten vom Mittelpunkte. In diesem Abstande findet eine schroffe Abnahme der Helligkeit statt.

Vom Kerne lösen sich einzelne Nebelarme los, und zwar die Hauptarme alle im Nordosten.

Arm A läßt sich unmittelbar aus dem Kerne heraus verfolgen. Die Nebelmasse strömt zunächst parallel der Richtung der großen Achse der innern und nördlich vom Kerne gelegenen Windungen, also unter einem Positionswinkel von etwa 36°, zerfällt dann in eine Reihe von Wolken, deren Zugehörigkeit zu dieser Windung unverkennbar ist. Wo der Hauptarm ungefähr seinen größten Abstand vom Kerne erreicht und in die entgegengesetzte Richtung umwendet, löst sich ein ganz schwacher Strom los, der anfangs noch die alte

Richtung beibehält, später verschwindet die charakteristische Gruppierung der Nebelballen in einer Hauptrichtung, die einzelnen Wolken verschmelzen mit denen des Armes B. Die ganze Nebelpartie A ist ziemlich hell, sie gehört noch zu dem mit bloßem Auge wahrnehmbaren Teile des Nebels, der Lichtabfall von der Helligkeit des Kernes zu der des Armes vollzieht sich sehr rasch.

Arm B kommt in breiter Masse aus dem Kerne heraus. Die Abnahme der Helligkeit geschieht hier nicht so schroff wie bei Arm A, sondern stetiger und langsamer. Arm B ist von Arm A scharf getrennt durch einen weit in den Kern hineinreichenden fast, nebelfreien Kanal von kaum zwei Bogensekunden Breite. Dieser spaltet sich in zwei Teile; der eine wendet sich nach Norden und verschwindet rasch in den Nebelmassen von B, der andere Teil dieser nebelfreien Zone lagert längs der Ostgrenze der Windung B. Diese Grenze, die konvexe Seite der Windung B, ist infolgedessen sehr scharf.



Skelettkarte des Andromedanebels von P. Götz.

Dieser zweite Hauptstrom der Nebelmasse aus dem Kerne heraus ist mächtiger und auch relativ heller als A. Er wendet sich rasch nach Norden um, wobei die Masse sich bald wie A in lauter einzelne, scheinbar unregelmäßig gelagerte Nebelwolken auflöst. Dasselbe gilt von einem dritten aus dem Kerne hervorbrechenden und durch zwei „Höhlen" von B getrennten Nebelstrom C, der überhaupt nicht mehr recht als Nebelarm charakterisiert werden kann, da er aus einer Anzahl regellos gelagerter Wolken gebildet wird.

Später wenden sich A, B und C nach der der ursprünglichen Richtung parallelen in entgegengesetztem Sinne, also nach Südwesten. Dieser Richtungssinn ist weniger angedeutet durch die Gruppierung der Nebelballen als durch einen von Nebelmaterie freien Kanal, der sich in schwach gekrümmter Kurve am Kerne vorbeizieht. Von hier ab ist er mit äußerst diffusem Nebel erfüllt, läßt sich aber doch noch deutlich über mehrere Sterne verfolgen. Diese im ersten Teile fast nebelfreie Zone begrenzt eine vierte Windung D, die nicht aus dem Kerne heraus verfolgt werden kann, vielmehr die Fortsetzung der drei obigen

Hauptströme zu sein scheint. Man sieht zunächst einen dem Kerne anliegenden schmalen, fast gar nicht gegliederten Nebelstreif, der sich dann im Süden und Südwesten des Kernes in breiter Masse ausdehnt. Er ist der hellste aller Arme, vom Kerne durch einen weitern, äußerst schmalen nebelarmen Kanal getrennt. Die helle Masse des Kernes ist diesem Arme zum großen Teile im Visionsradius vorgelagert, und dies verhindert eine deutliche Weiterverfolgung der Windungen A, B, C bis D hin. Sobald er hinter dem Kerne hervortritt, breitet er sich wie ein Füllhorn aus und zerfällt ebenfalls in einzelne größere Wolken. Was oben bei Windung A und B hervorgehoben, gilt auch hier: die konvexe Seite der Krümmung ist eine zusammenhängende, verhältnismäßig scahrf begrenzte Linie, die dem Kerne zugekehrte dagegen ist in eine Reihe regellos gelagerter Nebelwolken und -wölkchen aufgelöst. Der südwestlich vom Kerne liegende Teil der Windung D ist die an zusammenhängender Nebelmasse größte Partie, dabei von fast gleicher Helligkeit über die ganze bestrichene Fläche weg.

Die bisher beschriebenen Teile bilden den für das Auge sichtbaren Kern des Nebels. Der weitere Verlauf der Windungen läßt sich leicht an der Hand der Skizze Seite 124 an jeder Kopie des Nebels verfolgen. Götz hebt noch folgendes Charakteristische hervor.

Die Hauptarme lösen sich, wie bereits gesagt, alle im NE-N-Ende des Kernes los. Der Sinn der Drehung des ganzen Systems ist N-E-S-W. Die von dem Kerne abgewandte Seite der Windungen ist relativ scharf begrenzt, während die konkave Seite stets mehr oder weniger zerfetzt erscheint. Für die äußern Windungen der Spirale gilt das nicht mehr. Vielmehr herrscht da eher die umgekehrte Tendenz. Diese sind überhaupt kein so zusammenhängendes Ganzes mehr wie die innern Arme, sondern gebildet von einer Reihe von Nebelballen und Nebelfetzen, die aber sehr deutlich in der Spirale gelagert sind.

Die Nebelarme bestreichen den größten Flächenraum an den Umkehrpunkten (den Kulminationspunkten), was ein direkter Beweis dafür ist, daß wir eine Spirale perspektivisch sehen.

Charakteristisch für die Windungen E und F im Südwesten des Kernes ist, daß neben der einen Hauptrichtung in der Struktur der Nebelmassen, nämlich der spiraligen, hier eine zweite parallel der großen Achse der scheinbar elliptischen Windungen vorhanden ist. Die hellen Wolken bei F sind alle in dieser Richtung zerfetzt, wobei die aufgelöste Seite vom Kerne abgekehrt ist, und von nebelfreien oder nebelarmen Kanälen durchzogen, die also die spiralige Windung stellenweise direkt durchkreuzen. Stellenweise nur, denn diese Kanäle gehen nicht radial, sondern alle parallel und parallel der großen Achse.

Noch frappanter ist eine andere Tatsache, die wohl damit zusammenhängt. Die große Achse der Windungen A, B, C und D

(D soweit sie oben beschrieben) weicht von der NS-Richtung um einen Winkel von etwa 36° ab. Bei dem Kulminationspunkte von D löst sich von D ein neuer Nebelarm D_1 los. Die in dieser Richtung vom Kerne abgelegene nächstfolgende Windung kulminiert bei Stern 141, die nächste bei Stern 95 ungefähr. Die große Achse dieser drei Arme fällt also nicht in die alte Richtung, sondern hat einen Positionswinkel von etwa 31°. Die Achse sämtlicher übrigen Windungen, einschließlich G im Südwesten, fällt mit der von A, B, C und D zusammen. Abweichend sind also nur die drei: D_1, E und F. Es sieht aus, als ob dieser Teil des Nebels längs einer Linie nach Süden abgebogen wäre. Die Umgebung von Stern H 10 (= B. D. + 40.145°) ist ferner nur von feinsten Nebelschleiern erfüllt, so daß die Windungen D_1 und E hier nahezu unterbrochen scheinen. Bei den Nebelmassen der Windungen auf der andern Seite (NW) des Kernes ist eine derartige Diskontinuität nicht vorhanden.

Hervorgehoben muß noch einmal werden, daß die äußerste Windung auf der Südwestseite des Kernes, Windung G, wieder normal, wenn man so sagen darf, verläuft. Von Windung H wagt Götz keine nähern Angaben zu machen; sie ist auf den besten Reproduktionen nur angedeutet. In F liegen die größten Massenzentren und die, abgesehen vom Kerne, überwiegend hellsten Partien der ganzen Nebelmasse.

Götz geht nun zu einer statistischen Untersuchung über eine etwaige gesetzmäßige Anordnung der Sterne mit Bezug auf den Nebel über. Der Andromedanebel, sagt er, bedeckt ein Feld von nahezu zwei Quadratgraden am Himmel, die Platte umfaßt ein gut ausgezeichnetes Gebiet von 20 Quadratgraden. Wenn also irgend eine gesetzmäßige Anordnung der Sterne infolge der Anwesenheit des Nebels vorhanden wäre, so müßte sich das bei einer zahlenmäßigen Untersuchung der Sterndichte auf der Platte zeigen.

Die Platte wurde daher mit einem auf einer andern Platte aufkopierten Gitter bedeckt, und die Anzahl der Sterne in jedem Gitterquadrat festgestellt. Die Seitenlänge der Quadrate betrug etwas mehr als 5 *mm* = 8.4 Bogenminuten, eine der Sterndichte in der Gegend des Nebels angemessene Größe.

Es ergab sich, daß die Sternverteilung auf dem abgezählten Felde eine rein zufällige ist und keine systematische Anordnung erkennen läßt.

Aus diesem Resultate läßt sich natürlich nichts folgern auf die Gruppierung der Sterne im Nebel selbst. Dazu ist die Seitenlänge der einzelnen Quadrate zu groß gewählt. Es sollte eben mit dieser Untersuchung nur gezeigt werden, daß für den Andromedanebel kein derartiger Zusammenhang mit den Sternen besteht, wie es bei den sogenannten Höhlennebeln der Fall ist.

Um die Sternverteilung im Nebel selbst zu studieren, benutzte Götz eine von Prof. Wolf hergestellte vierfache Vergrößerung auf

Bromsilberpapier. Darauf wurde ein Netz von Quadraten mit wieder 5 *mm* Seitenlänge = 2.1 Bogenminuten gezeichnet, und zwar mit Lasurtinte, damit kein Stern übersehen werden konnte. Das abgezählte Feld umfaßt hier bloß vier Quadratgrade, d. h. bloß den Nebel und seine allernächste Umgebung. Die schwächsten Sterne waren noch sehr gut zu erkennen.

Das Ergebnis der Zählung wird durch Tabellen veranschaulicht. Es läßt sich konstatieren:

„An den Kulminationspunkten der Windungen sind Felder großer Sterndichte, so bei a^1, b, c, D_1, bei F weniger.

Die hellern Nebelwolken sind fast alle Anhäufungszentren von Sternen, so d, f, p, g.

Die Anordnung der Sterne längs des Armes h bis i ist so auffällig, daß sie auf jeder Kopie sofort zu erkennen ist.

Die Stellen größerer Sterndichte folgen stellenweise den Nebelzügen bis ins Detail hinein; am frappantesten tritt das bei b hervor, ferner bei i und n, weniger bei k.

Die mit nur allerfeinster und lichtschwächster Nebelmaterie angefüllte Gegend um l ist auch relativ sternarm. Es ist die einzige große, fast nebelfreie Stelle innerhalb des von dem Nebel bedeckten Gebietes.

Absolut sternleere Stellen sind auf dem Gebiete des Nebels im Verhältnisse zu den umliegenden Gegenden sehr zurücktretend.

Die durchschnittliche Sternzahl ist innerhalb des Nebels 2.4 pro Quadrat, im NW des Nebels 1.3, im SE 1.9, also im Nebel selbst ist die Sterndichte größer als in seiner unmittelbaren Umgebung, und in dieser wieder ist der Südosten sternreicher als der Nordwesten. Es ist nun eine beachtenswerte Tatsache, daß bei allen Reproduktionen, die Prof. Wolf bisher vom Andromedanebel machte, der sternreichere SE-Teil der Platte stets hell herauskam, d. h. anscheinend ganz mit Nebelmaterie erfüllt, die diese Gegend verschleiert. Mehr wie ein Schleier ist es nicht und von einer Struktur daher nichts zu erkennen.

Alle die angeführten Punkte sprechen mehr oder weniger für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Nebel und dem größten Teile der auf seinem Gebiete liegenden Sterne.

Aber noch weitere Schlüsse lassen sich ziehen. In der Nordosthälfte des Nebels, sagt Götz, ist die durchschnittliche Sterndichte 2.7, im Südwesten nur 2.2. Der sternreichere Nordosten enthält außer den Partien in nächster Nähe des Kernes nur relativ lichtschwache Nebelarme, in denen nach dem obigen sich die Kurven größter Sterndichte den Nebellinien gut anschmiegen, die Sterne also im großen ganzen in diesen gruppiert sind.

Der sternärmere Südwesten enthält die großen Kondensationskerne in der Nebelmasse, die einzelnen Nebelzüge sind zerklüftet und zerrissen, die Hauptwindungen nach Süden abgebogen. Von

einem Zusammenhange zwischen Nebelzügen und Sterndichte ist hier nur in nächster Nachbarschaft des Kernes etwas wahrzunehmen. Er fehlt direkt in den großen Nebelansammlungen der Windungen E und F.

Die verschiedenen Teile des Nebels scheinen sich demnach in verschiedenen Stadien der Entwicklung zu befinden. Im Nordosten, in dem sich die Entwicklung des Systems, der Gestalt der Nebelzüge nach zu schließen, ungestört vollziehen konnte, ist der Prozeß der Sternbildung aus der Nebelmaterie schon ziemlich fortgeschritten. Im Südwesten des Kernes dagegen haben offenbar Störungen irgend, welcher Art diese Entwicklung verzögert. Was für Störungen das waren, entzieht sich vorderhand noch der Beurteilung. Daß sie aber wirksam waren, dafür zeugt der ganze, schon wiederholt charakterisierte Aufbau der Nebelmasse in diesem Teile des Nebels.

So hat denn die Untersuchung von Götz zu wichtigen Schlüssen über den Andromedanebel geführt. Vergleicht man sie mit den ärmlichen Folgerungen, welche die teleskopische Beobachtung des letztern früher geliefert, so erkennt man handgreiflich die ungeheuere Bedeutung der Photographie für die Untersuchung der Himmelsräume.

Der planetarische Nebel M 97 im großen Bären. Derselbe steht (für 1900,0) in R. A. = $11^h\ 9^m$, D = $+55°\ 34'$. Er hat einen scheinbaren Durchmesser von $2\frac{2}{3}'$, und sein Licht ist nach W. Herschel völlig gleichmäßig, der Rand jedoch nicht scharf, sondern verschwommen. Dieser Nebel ist später berühmt geworden durch die Darstellung, welche Lord Rosse von ihm gab, entsprechend dem Aussehen dieses Nebels in dem großen 6-füßigen Spiegelteleskop zu Parsonstown. Dieser Nebel ist neuerdings von Prof. E. E. Barnard am 40-zolligen Refraktor der Yerkessternwarte beobachtet worden, und hat der genannte Astronom darüber interessante Mitteilungen gemacht.[1]) Er bemerkt, daß für eine punktförmige Lichtquelle das Verhältnis der Lichtstärke im Yerkesrefraktor sich zu demjenigen im Rosseschen Riesenteleskop verhält wie $1 : 3^1/_5$, wobei allerdings vorausgesetzt wird, daß der Lichtverlust beim Durchgange, durch die Linsen des Refraktors der nämliche ist wie bei der Reflexion vom Spiegel des großen Reflektors; auch ist zu beachten, daß die Reflexionsfähigkeit des letztern, je nach dem Zustande seiner Oberfläche, zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden war.

Prof. Barnard hat sowohl am 36-Zoller der Licksternwarte als am 40-Zoller der Yerkessternwarte eine große Anzahl Nebelflecke (besonders planetarische), die von Lord Rosse und dessen Assistenten gezeichnet sind, untersucht. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß im großen und ganzen der Yerkesrefraktor alles zeigt, was am Rosse-

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. 67. Juni 1907. p. 534.

N

O



S

Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Dunkle Kanäle
im Sternbilde

Nach der photographischen Aufnahme vor

schen großen Teleskop gesehen werden kann. Nur einige Details in den Rosseschen Zeichnungen gewisser Nebel konnten nicht wahrgenommen werden, dafür zeigte der Yerkesrefraktor andere Details, die das Rossesche Teleskop nicht erkennen ließ.

Sehr häufig sieht man auf den Zeichnungen Rosses um die planetarischen Nebel fransenförmige Strahlen oder sogenannte Bärte, von denen der Yerkesrefraktor nichts zeigt; auch auf der Photographie zeigen sie sich nicht; es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Gebilde nicht wirklich sind, sondern nur durch optische Fehler des Reflektors entstanden.

Ein merkwürdiges Beispiel von eigentümlichem Aussehen eines Nebels unter den Rosseschen Zeichnungen ist der obenerwähnte Nebelfleck, dem Prof. Barnard jetzt eine genaue Untersuchung widmete. Die Zeichnung Rosses stammt aus dem Frühjahre 1848, und sie ist in der Abhandlung wiedergegeben. Nach dieser Zeichnung hat man den Nebel bisweilen „Eulennebel" genannt, denn das Aussehen gleicht einigermaßen dem Gesichte einer Eule. Prof. Barnard gibt in seiner Abhandlung eine Zusammenstellung der hauptsächlich aus dem Jahre 1848 stammenden Bemerkungen Lord Rosses und seiner Mitbeobachter über die Sterne in diesem Nebel. Diese Bemerkungen sind, wie Prof. Barnard hervorhebt, häufig sehr unklar, so viel scheint jedoch sicher zu sein, daß der hellste und stets sichtbare Stern in dem Nebel derjenigen war, welcher die Pupille des rechten Auges des Eulenkopfes bezeichnet, der andere war erheblich schwächer und oft gar nicht sichtbar. In der von Prof. Barnard gegebenen schematischen Zeichnung des Nebels, welche seine Reproduktion zeigt, ist der helle Stern mit 1 bezeichnet, der schwache Rossesche Stern steht an der Stelle von 2.

Am 7. April 1907 hat Prof. Barnard den Nebel mit dem 10-zolligen Bruceteleskop und sechsstündigem Exponieren aufgenommen. Die Photographie zeigt eine neblige runde Masse mit einem hellen Zentralstern und rechts und links von diesem zwei ungleich dunkle Stellen. Bei starker Vergrößerung der Platte scheint das Ganze aus einer etwas elliptischen Scheibe zu bestehen, die unsymmetrisch eine schwache kreisrunde Scheibe überlagert. Die größte Verschiebung beider Scheiben zeigt sich an der nachfolgenden Seite, wo der Rand der hellen Scheibe um etwa 0.2 Halbmesser dem Zentralsterne näher liegt. Im entgegengesetzten Teile des Nebels ist einiges Detail erkennbar in Gestalt von schmalen, gekrümmten, hellen Massen, die sich gegen die südliche Seite hinziehen; etwas ähnliches zeigt sich am nördlichen Rande. Von den dunkeln Flecken ist der nachfolgende viel kleiner als der andere, und der hellere Kern (Zentralstern) erscheint so groß, daß er die Trennung der beiden dunkeln Flecke überdeckt. Der Stern 2 ist schwach zu erkennen und steht außerhalb des Randes des entsprechenden dunkeln Fleckes. Spuren von Strahlen um den Nebel sind nicht vorhanden.

Im Jahre 1895 April 20 hat Dr. Roberts den Nebel mit seinem 20-zolligen Reflektor photographiert, bei vierstündigem Exponieren. Nach seiner Angabe hat der Nebel 203″ im Durchmesser, und der von Rosse erwähnte helle Stern, ist 15. Größe, sehr augenfällig und steht im Zentrum des Nebels; andere Sterne sind nicht sichtbar.

Vom Aussehen des Nebels im 40-zolligen Yerkesrefraktor gibt Prof. Barnard mehrere Notizen:

1899 Februar 6. Der Stern 2 steht gerade außerhalb des dunkeln Fleckes.

1900 Dezember 18. Ebenso. Der Stern 2 ist schwer zu messen. Gleichfalls so Dezember 25, wo der Stern nur blicksweise sichtbar war.

1902 Februar 7. Der Zentralstern ist 16.5 Größe, sehr schwierig, Stern 2 kann nur schwach wahrgenommen werden.

Der Stern 1 steht zwischen den Augen (dunkeln Flecken) auf der Nase des Gesichtes, aber näher dem nachfolgenden dunkeln Flecke.

1907 März 10. Der Stern 2 ist $1^1/_2$ Größenklassen schwächer als der Zentralstern, der nachfolgende dunkle Fleck ist bestimmter und dunkler als der andere. Der Zentralstern steht näher dem nachfolgenden dunkeln Flecke, aber nicht in ihm.

März 17. Der Zentralstern, etwa 13. Größe, ist frei von Nebel, die beiden andern Sterne sind schwach zu sehen. Stern 3 ist sehr schwierig wahrzunehmen. Eine spiralige Anordnung in dem Nebel ist nicht zu erkennen.

April 2. Der Zentralstern ist 13.5 oder 14. Größe, Stern 2 ist 15. Größe, Stern 3 etwa eine Größenklasse schwächer als 2. Keine spiralige oder sonstige Struktur ist in dem Nebel zu erkennen. Letzterer ist unregelmäßig rund mit sehr schlecht begrenztem Rande.

Über eine Beobachtung des Nebels am 36-Zoller der Licksternwarte 1894 April 8 und 350-facher Vergrößerung, bemerkte Prof. Barnard folgendes:

Der Nebel ist rund, der Rand gut begrenzt. Ein Stern 15. Größe (der Zentralstern) steht gerade frei vor dem Rande des dunkeln Fleckes, ein oder zwei schwache Sterne zeigen sich südlich folgend, aber keine in einem der beiden dunkeln Flecke. Keine spiralige Struktur des Nebels erkennbar. Prof. Barnard glaubt, daß der Zentralstern veränderlich ist, da er zuzeiten erheblich schwächer als zu andern erschien. Er gibt eine schematische Zeichnung der relativen Lage der von ihm gesehenen und gemessenen Sterne mit Bezug auf den Nebel und die dunkeln Flecke in ihm, sowie die von ihm ausgeführten Messungen, endlich eine Zeichnung des Aussehens dieses Nebels im März 1907 am 40-Zoller. Dieselbe ist von Barnard reproduziert, rechts neben der von Rosse gegebenen Darstellung des Nebels. Wird letztere als richtig angenommen, so haben die beiden dunkeln Flecke seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ihre scheinbare Lage gegen die beiden Sterne merklich geändert.

Nebelfleckhaufen und Nebelreichtum im Sagittarius. Professor H. Wolf fand[1]) auf einer mit dem Bruceteleskop gemachten Aufnahme vom 16. Juli 1906, mit 3^h Belichtung, nahe der Mitte etwa $1^1/_2°$ nordöstlich von ε_2 Sagittarii einen ausgedehnten Nebelflecken, der einen ähnlichen Anblick darbot, wie der Nebel bei 26 Ceti. Er erschien als schwaches, nebeliges Wölkchen von deutlich gesprenkeltem Aussehen, so daß Prof. Wolf auf die Vermutung kam, es auch hier mit einem Nebelfleckhaufen engster Art zu tun zu haben.

Eine Aufnahme mit dem Bruceteleskop vom 16. Juli 1907 ergab das gleiche Aussehen des Nebels. Die ganzen Platten (sie decken etwa 48 Quadratgrade) zeigten sich außerdem so bedeckt mit schwachen Nebelfleckchen, von Wolfs Klasse I_1 (rund mit zentraler Verdichtung) angehörend, und in der Umgebung des großen Nebels ließen sich so viele Nebelkerne unterscheiden, daß die gehegte Vermutung zur Überzeugung wurde. Wolf photographierte deshalb am 8. August 1907 den Nebelflecken bei einer Belichtung von $3^h\,2^m$ mit dem Waltzreflektor. Obwohl die Platte nicht sehr scharf ausfiel wegen der Luftunruhe und der tiefen Lage des Objektes, läßt sich doch erkennen, daß der Nebel aus zahllosen einzelnen Nebelfleckchen zusammengesetzt erscheint.

„Im nördlichen Rande des Haufens liegen die zwei für den Reflektor hellen Nebel: Index Catalogue 1308 und New General Catalogue 6822. Der letztere ist von Barnard, der erstere von Stone entdeckt worden. Der Barnardsche Nebel geht dem Stoneschen 12^s voraus und liegt fast genau auf demselben Parallel, etwas nördlicher. Er ist etwas heller als der Stonesche Nebel und besitzt einen sternartigen, nachfolgenden und mehrere nebelige, vorangehende Kerne. Von dieser Gegend (etwas nördlicher) erstreckt sich die obengenannte Nebelwolke in unregelmäßiger, etwas runder Form, mit etwa 25, Durchmesser, nach Süden. Ihre Mitte liegt (für 1855.0) in R. A. $= 19^h\,36^m\,49.0^s$ D $= -15°\,10.1'$. Der intensivste Teil zieht in linearer Erstreckung unter einem Positionswinkel von etwa 20° wenig westlich von der angegebenen Mitte vorüber. Hier sind auch die Nebelkerne am hellsten und durch hellen diffusen Schein verbunden, während sie weiter außen in netzartiger Anordnung großenteils einzeln erkennbar werden, bis sie allmählich der Kraft des Reflektors entschwinden. Im allgemeinen sind die Kerne zu verwaschen und stehen zu dicht, um, wenigstens auf der vorhandenen Reflektoraufnahme, auseinander gehalten und gezählt werden zu können.

Auf den Platten vom Bruceteleskop sind überhaupt nur die hellsten Kerne sichtbar und alle übrigen zu diffusem Scheine verschmolzen, der granuliertes Aussehen besitzt.

Wie schon bemerkt, ist der Reichtum an Nebelflecken in der ganzen Umgegend, die doch den Rand der sternreichsten Gegend

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4207.

der Milchstraße bildet, ungemein groß und wird wohl nicht beträchtlich hinter jenem am Pole der Milchstraße zurückstehen. Der angegebene Nebelhaufen selbst ist, wie beschrieben, ganz dicht gedrängt, wie ein enger Sternhaufen und bietet deshalb einen ganz andern Anblick, als jene Gegend in Coma Berenices, wo die einzelnen Nebel durch relativ große Zwischenräume getrennt sind."

Die Sternverteilung um die großen Nebel bei ξ Persei und 12 Monocerotis. Prof. Wolf hat vor mehrern Jahren an der Hand seiner Nebelfleckaufnahmen die merkwürdige Tatsache entdeckt, daß ausgedehnte Nebelmassen stets zugleich mit solchen Stellen vorkommen, wo die Sternzahl plötzlich geringer wird, und fast gar keine schwachen Sterne vorhanden sind; stets finden sich solche Nebel oder wenigstens ihre wahrnehmbaren Teile zusammen mit ausgedehnten Sternleeren. Zwei hervorragende Beispiele dieser Art hat A. Kopff untersucht, nämlich den großen Orionnebel und den sogenannten Amerikanebel. Jetzt hat nun K. Lohnert die Sternverteilung um die großen Nebel bei ξ Persei und bei 12 Monocerotis untersucht und die Tatsache auch hier bestätigt gefunden.[1])

Beide Nebelflecke, sagt Lohnert, zeigen deutlich die von Prof. Wolf gefundene Erscheinung der einhüllenden und einseitig verschobenen Sternleeren.

Die Aufnahmen, die der Untersuchung zugrunde gelegt wurden, sind von Prof. Wolf am 16-Zoller des Bruceteleskops gemacht, und zwar:

B 1094 a Perseinebel, 1904 Oktober 15, Belichtung 5 Stund. 2 Min.
B 1410 12 Monocerotisnebel, 1906 Jan. 23, Belichtung 6 Stund. 0 Min.

Die Platten, die das Format 24 × 30 *cm* besitzen, wurden von Lohnert unter dem Mikroskop des Repsoldmeßapparates abgezählt. Dabei war eine Platte, die in Quadrate von je 4 *mm* Seitenlänge geteilt war, Schicht gegen Schicht auf die Aufnahmen gepreßt. Zu diesem Zwecke hatte Prof. Wolf mittels einer Teilmaschine, die ihm die Firma Wilh. Hawerbier in Heidelberg zur Verfügung gestellt hatte, eine Glasplatte von 24 × 30 *cm* mit dem Diamant geteilt und auf photographischem Wege Abzüge auf Trockenplatten davon genommen. Einer dieser Abzüge wurde Lohnert zu diesen Zählungen zur Verfügung gestellt. Da der Abzug glasklar war, so konnten die schwächsten Sterne gezählt werden. Jedes Quadrat wurde mindestens zweimal gezählt.

Lohnert gibt Tabellen, in denen die Sternzahlen der einzeln gezählten Quadratchen des aufgelegten Netzes eingetragen sind, und auf Grund von diesen hat er die Sternverteilung geographisch in Karten dargestellt, welche weiße, einfach, zwei-, drei- und vier-

[1]) Publikationen des Astrophysikal. Instituts Königstuhl-Heidelberg 2. Nr. 11.

fache schraffierte Quadrate enthalten, je nach der Zahl der darin vorhandenen Sterne. Aus diesen Karten erkennt man bei beiden Nebelflecken die Sternleere, die die Nebel umhüllt, und den sternleeren Weg, der sich einseitig anschließt. Bemerkenswert ist außerdem eine sternhaufenartige Gruppe sehr heller Sterne, die fast zentral vom Nebel von 12 Monocerotis eingehüllt wird.

Prof. Wolf macht zu diesen Untersuchungen noch folgende Bemerkung:

„Die von Herrn Lohnert bearbeiteten beiden Nebelflecke zeigen in klarer Form die von mir früher beschriebene Erscheinung der Straßenbildung der Milchstraßennebel. Ich konnte nunmehr auch die Bewegungsrichtung des Vorganges an diesen zwei Nebelflecken zu ermitteln suchen. Es ergab sich, wobei ich auch noch die beiden früher (Publ. **4**. p. 177) von uns bearbeiteten Nebel hier mit hinzuziehe:

Θ Orionnebel . . . . $\alpha =$	5^h	28^m	$\delta = -5°$	$30'$	Pos.-Winkel	327°
12 Monocerotisnebel .	6	24	$+5$	15	„	329
ξ Perseinebel	3	52	$+36$	5	„	137
Nordamerikanebel . .	20	56	$+44$	30	„	46

Bringt man die größten Kreise, die unter diesen Positionswinkeln durch die Objekte gezogen werden können, für zwei Objekte zum Schnitte, so liegt dieser Schnittpunkt:

für Nordamerikanebel und ξ Perseinebel in $\alpha =$	22^h	22^m	$\delta = +54.7°$
für ξ Perseinebel und Monocerotisnebel in	22	32	55.1
für Orionnebel und ξ Perseinebel in . . .	22	49	57.0

Es ergibt sich somit eine auffallende Übereinstimmung, wie sie auch Courvoisier vermutet hat.

Wenn man von einem gemeinsamen Zielpunkte reden wollte, so wäre derselbe etwa bei:

$$\alpha = 22^h\,34^m \quad \delta = +55.6° \;(1855.0)$$

zu suchen; also mitten in der Milchstraße, südöstlich von δ Cephei. Von uns aus gesehen, zeigen der Nordamerika- und der ξ Perseinebel die entgegengesetzte Bewegungsrichtung, als die zwei südlichen Nebel. Es ist bemerkenswert, daß der ξ Perseinebel von dem „Zielpunkte“ weggerichtet ist, während die drei andern ihm zustreben.“

Dunkle Materie unter den Nebelflecken. Im Januar 1907 hat Prof. Barnard mehrere vielstündige Aufnahmen der Gegend in der Nähe der Plejaden gemacht, die für die Frage nach dem Vorhandensein eines dunkeln Weltdunstes unter den Sternen, von großer Wichtigkeit sind. An und für sich ist die Annahme von unsichtbaren Nebelflecken durchaus nicht grundlos, obgleich wir nicht wissen, welches die physischen Verhältnisse eines Nebelfleckes sind, der kein Licht mehr ausstrahlt und sich nur dadurch bemerkbar macht,

daß er das Licht der hinter ihm stehenden Sterne für unsern Anblick aufhält. Prof. Barnard teilt einige seiner neuesten photographischen Aufnahmen, die ihn zur Annahme einer dunkeln Nebelmaterie führten, mit, und knüpft daran die nötigen Erläuterungen.[1]) Eine dieser Photographien ist auf Tafel II reproduziert. Sie wurde am 9. Januar 1907 mit einer 10-zolligen Linse und $5^1/_2$-stündiger Exponierung erhalten. Das Zentrum der Platte bezeichnet den Punkt des Himmels von R. A. = $4^h\,40^m$, D = $+28°$ (für 1900). Der hellste Teil des Nebels rechts von der Mitte steht in R. A. = $4^h\,13^m$, D = $+28°\,2'$. Der augenfällige Stern unter der Mitte ist φ Tauri 5.1 Größe. Man erkennt deutlich den Verlauf der dunkeln Materie zwischen den zahllosen Sternen der Milchstraße und seine Ausbreitung nach NW hin. Dort zeigt sich auf dem dunkeln Grunde ein isolierter Nebelfleck, der sich wahrscheinlich noch weiter ausdehnt, aber in diesem ausgedehnten Teile lichtlos oder erloschen ist und das Licht der kleinen Sterne hinter ihm verdeckt. Wenn der in Wirklichkeit dunkle Streifen hell wäre, so würde er sich uns als ein großer Nebelfleck darstellen von ähnlichen Formen, wie manche andere zeigen. Es kann wohl nach der Aufnahme von Prof. Barnard jetzt keinem Zweifel mehr unterliegen, daß im Weltenraume ausgedehnte Nebelmaterien sich befinden, die nicht leuchten, sondern nur durch Verdunklung des Himmelsraumes hinter ihnen sichtbar werden.

Über die Milchstraße verbreitete sich Prof. Wolf in der zweiten Sitzung der 79. Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden auf Grund eigener photographischer Aufnahmen. Prof. Berberich gibt einen Auszug daraus[2]), dem das Nachfolgende entnommen ist.

Die Milchstraße besteht aus einer Menge kleinerer oder größerer Flecke und Sternhaufen; unveränderlich, so wie sie schon vor 2000 Jahren von Ptolemäus beschrieben, lagern diese Massen anscheinend im fernen Raume. Schon die ersten Forscher auf dem Gebiete des Weltbaues hegten die Meinung, daß die Milchstraße viel weiter als die außerhalb sichtbaren Sterne von uns abstehe. Den Grund dieser Ansicht bildete die Annahme, daß nahe und ferne Sterne im Durchschnitte gleich groß seien, eine Annahme, von der ausgehend Wilhelm Herschel seine „Sterneichungen" ausführte. Mit Fernrohren verschiedener Größe und „Raum durchdringender" Kraft suchte er die Grenzen des Sternsystems an (1088) verschiedenen Stellen des Himmels zu ermitteln. Während nahe bei den Milchstraßenpolen die größern Teleskope die Sternzahl nicht höher setzten als die kleinern, diese also anscheinend schon die entferntesten Sterne der Polgegenden zeigten, reichte in der Milchstraßenzone der 40-

[1]) Astrophys. Journal 1907 April. **25.** Nr. 3. p. 218.
[2]) Naturw. Rundsch. 1907. **22.** Nr. 42.

zöllige Spiegel kaum an die äußersten Sterne hinan. So gelangte Herschel zu dem in jedem populären astronomischen Buche zu findenden Bilde der linsenförmigen Gestalt der Milchstraße mit zwei den getrennten Armen entsprechenden Hervorragungen. Die zahlreichen über den Himmel verstreuten unauflösbaren Nebelflecke hielt er für ähnliche Sternsysteme wie die Milchstraße und erklärte ihre Kleinheit und ihre Lichtschwäche aus ihren gewaltigen Entfernungen weit jenseits unserer „engern" Sternenwelt. Im Laufe fernerer Forschungen änderte Herschel indessen seine Anschauung, hielt später die Milchstraße für einen großen Sternenring, der uns in großem Abstande umschließt, und rechnete auch die kleinen Nebelflecke wenigstens in ihrer Mehrheit diesem Ringsysteme zu. Er hatte sich überzeugt, daß man seine Vorstellung vom Baue des Sternsystems nicht allein auf die Anzahl oder Dichte der Sterne gründen dürfe, sondern daß man auch die Helligkeiten berücksichtigen müsse. Von spätern Forschern erwähnte Prof. Wolf besonders die Struveschen Untersuchungen, wonach die Sterne des Universums eine dünne flache Schicht bilden, die sich in der Richtung der Milchstraße unbestimmbar weit hinaus erstreckt, und die Dichtigkeit der Sterne mit zunehmendem Abstande von der Milchstraßenebene sich vermindert wie der Druck in den höhern Schichten der Erdatmosphäre. Eine merkliche Absorption des Sternlichtes im Raume erzeugt dabei eine Schranke für die Erforschung der entferntern Sternenwelt. Sodann verwies Wolf auf die von Easton behandelte Tatsache, daß in den einzelnen Sternwolken der Milchstraße Sterne verschiedenster Größe durcheinander gemengt stehen. Als besonders bedeutungsvoll wurden Seeligers Untersuchungen über das „Durchschnittsbild der Anordnung der Sterne" hervorgehoben. Dieser hat gezeigt, daß weit weniger schwache Sterne vorhanden sind, als bei gleichmäßiger Verteilung der Sterne im Raume und bei durchschnittlich gleicher Leuchtkraft derselben zu erwarten wären, daß aber die schwachen Sterne gegen die Mittellinie der Milchstraße sich viel stärker zusammendrängen, also relativ viel zahlreicher sind als die hellern Sterne. Danach wäre das typische Bild der Sternenwelt das eines gewaltigen Rotationskörpers. „In unserer Nähe stehen die Sonnen dichter gedrängt nach oben und unten hin, nach der Milchstraße hinaus weniger dicht. Weiter fort von uns ist es umgekehrt, der Sternreichtum wird immer größer, je näher man der Ebene der Milchstraße kommt. Es ist also draußen eine ringförmige Verdichtung vorhanden. Das Sternsystem muß aber nach außen zu begrenzt sein, denn alle Zahlen führen darauf, daß in endlicher Entfernung von uns die Sterndichtigkeit auf Null herabgeht. Diese Grenze schätzt Prof. Seeliger auf 500 bis 1100 Siriusweiten oder 4400 bis 9700, im Mittel 7000 Lichtjahre." Für eine äußere Begrenzung unserer Sternenwelt sprechen auch die neuern photographischen Aufnahmen, indem weder Verstärkung der opti-

schen Hilfsmittel, noch Verlängerung der Belichtung die Anzahl der schwachen Sterne wesentlich zu erhöhen vermögen. Gegenüber diesen aus statistischen Betrachtungen gezogenen Folgerungen können, wie Wolf erwähnte, die wenigen bis jetzt gelungenen direkten Messungen von Sternentfernungen keinen Aufschluß über den typischen Bau der Sternenwelt geben. Indessen haben die Untersuchungen der direkt und spektrographisch bestimmten Sternbewegungen Gesetzmäßigkeiten enthüllt, die auf eine Zusammengehörigkeit aller Sterne samt der Milchstraße als einzigem organischen Ganzen hinweisen. Die Bewegung unserer Sonne scheint auf einen Punkt der Milchstraße gerichtet, und mit ihr ziehen viele andere benachbarte Sterne durch den Raum. Ebenso gibt es noch andere Gruppen von parallel laufenden Sternen, deren Bewegung in der Milchstraßenebene vor sich geht.

Das so gewonnene allgemeine Bild des Sternsystems wurde in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten auf seine Einzelheiten und deren Grundursachen geprüft. Namentlich führte Prof. Wolf die Eastonsche Theorie der Spiralstruktur der Milchstraße an. An einer Reihe von Projektionsbildern, die den bei uns sichtbaren Teil der Milchstraße zur Darstellung brachten, zeigte er die mannigfachen Eigentümlichkeiten derselben: verwickelte spiralig gewundene Kanäle zwischen feinen Dunstmassen, sternarme Streifen und Höhlungen, stark verdichtete Sternwolken, Auflösungen der Milchstraße in einzelne Flocken, die in den wunderlichsten Formen wie Wolken durcheinander geweht sind, feiner Dunst, der sich zwischen die Sternmassen drängt oder diese umschließt, große Gegensätze in der Gesamthelligkeit verschiedener Regionen, eine außerordentliche Kompliziertheit und — auf den ersten Blick wenigstens — ohne Spur von Gesetzmäßigkeit außer der allgemeinen Regel, daß die Sterne längs des Milchstraßengürtels dichter gedrängt stehen als weiter seitwärts. Wolf gibt zu, daß die Theorie Eastons zwar diesem scheinbar gesetzlosen Bilde sich anpassen lasse, weil man in der Annahme der Zahl und Lage der Spiralarme nicht gebunden sei, aber diese Willkür schließe auch eine direkte Begründung der Theorie aus, und die Berufung auf die große Häufigkeit oder fast Ausschließlichkeit der Spiralform der Nebelflecke nütze wenig. Daß dies keine fremden „Milchstraßen" sein können, gehe aus der Erwägung über die wahrscheinliche Entfernung solcher Systeme hervor, die so groß sein dürfte, daß kein Licht mehr von dort wahrgenommen werden könnte, selbst nicht mit den besten Instrumenten. Auch seien so viele Einzelheiten im Baue dieser Gebilde zu erkennen, zum Teile recht „grobzügige" Formen, wie man sie bei einem unendlich fernen Systeme kaum mehr unterscheiden könnte. Photographische Aufnahmen von Nebelflecken zeigen vielfach nur zwei diametral einander gegenüberstehende Ausläufer, sie sind also recht einfach geformt und daher wohl verhältnismäßig nahe.

Die gleiche Folgerung zieht Wolf aus der scheinbaren Verteilung dieser Nebel. „Man kann allgemein aussprechen, daß am Himmel dort, wo viele Sterne stehen, wenige solcher Nebelfleckchen zu finden sind, und umgekehrt.“ In der Milchstraße selbst fehlen sie fast ganz, mit wachsendem Abstande von dieser wächst auch ihre Zahl, und am Nordpole der Milchstraße treten sie so dicht zusammen, daß die ganze Gegend damit erfüllt erscheint. Dagegen gehören die Sternhaufen und die ein reines Gasspektrum zeigenden „Gasnebel“ in die leuchtenden Ströme der Milchstraße organisch hinein. „So bildet der Sternhaufen im Schilde ein Zentrum, um das sich die Sternzüge der Milchstraße spiralig gruppieren.“ Ein mit dem großen Heidelberger Reflektor erlangtes Bild läßt erkennen, daß die Gruppe sich vorwiegend aus den hellern Sternen zehnter bis elfter Größe jener Gegend zusammensetzt, und daß die Sterne 14. bis 18. Größe keine Beziehung zu der Gruppe zeigen, vielmehr als ferne, gleichmäßige Sternschicht den Hintergrund bilden, worauf sich der Sternstrom mit der genannten Gruppe projiziert, ähnlich wie sich Easton überhaupt den Verlauf der Einzelwindungen denkt.

Den Zentralkern des Systems vermutet Easton im Sternbilde des Schwans. Prof. Wolf zeigte ein Bild dieser Gegend, das zwar auf eine größere Nähe der hier befindlichen hellern Sterne im Vergleiche zu andern Milchstraßengegenden schließen läßt, aber nichts von einer zentralen, uns benachbarten Verdichtung andeutet. Ein Gebiet mit spiraligem Baue im Großen, sagte er, sei im Schilde und im Schützen vorhanden, hier könnte ebensogut der Spiralkern zu suchen sein, allein dieser Ort passe nicht zu Eastons Bild. Wolf glaubt daher, daß die geometrische Form des Milchstraßensystems noch nicht mit Sicherheit anzugeben sei, daß indessen verschiedene neuere Ergebnisse der Photographie die Hoffnung auf künftige Erkenntnis der wahren Natur des Phänomens eröffneten. Er meinte hiermit die Beziehung zwischen lokalen Strukturen in der Milchstraße zu benachbarten Nebeln und dunkeln Flächen und Höhlen.

Schon der Siriustypus der Milchstraßensterne und die Häufigkeit der „Gasnebel“ in dieser Zone sprechen für den Reichtum dieser Sternströme an Gasmassen. Fast überall in und besonders an den Rändern des Stromes trifft man auf ausgedehnte diffuse Nebel, die vielleicht auch aus Gasen bestehen und eine charakteristische Eigentümlichkeit der Milchstraße darstellen. Prof. Wolf führte eine ganze Reihe von Beispielen im Bilde vor. Man sieht die Nebel sich eng an die Grenzen einzelner Sternwolken anschmiegen, und Sternzählungen bestätigen, daß die Nebelgrenzen zugleich Dichtegrenzen der Sternanhäufungen darstellen. Noch auffälliger erscheinen auf manchen Bildern die Lücken und Höhlen in dem Sternenheere. In einigen solchen oft ganz scharf begrenzten Höhlungen ist noch ein Netz sehr schwacher (entfernterer?) Sterne zu sehen, andere werden von einzelnen Ketten hellerer (näherer?) Sterne

durchquert. Mit Absorption des Lichtes der Sterne durch vorgelagerte dunkle Stoffmassen, deren Formen durch die Gestalt der Lücken und Risse in der Milchstraße gegeben seien, könne man diese Sternarmut einzelner Stellen nicht immer erklären. Die Höhlenbildung scheine oft in physischer Beziehung zu den stellenweise sichtbaren Nebelmassen über riesige Himmelsräume fortgeschritten zu sein. So zeige sich um den großen Nebel im Monoceros und einseitig von ihm die starke Verminderung der Zahl schwacher Sterne. Der große Nebel im Schützen (M. 8) liegt am Rande der feinen Dunstmassen der Milchstraße. Um ihn und neben ihm treten allerlei Risse in die Milchstraße ein, als ob der Nebel den Ort bezeichne, wo das Eindringen der Risse oder das Zurückziehen der Sternfülle erfolgt. Ähnlich dringt vom ξ-Perseusnebel ein langer Riß in die Milchstraße und löscht hinter dem Nebel die Sternfülle aus. Die Umrisse des Amerikanebels im Schwane spiegeln sich genau ab in Rissen und Sternwolken an seiner Grenze. Im Nebel selbst stehen zahllose Sterne, rings herum herrscht Armut. Oft sieht man auch Nebelbrücken von Stern zu Stern ziehen, ob als physische Verbindung oder bloß scheinbar, ist nicht zu unterscheiden. Die genannten und andere Beispiele lassen aber kaum daran zweifeln, daß die Höhlen und die Nebelmassen physisch miteinander verbunden seien und räumlich beisammen liegen müssen. Etwaige Absorption findet dann in relativer Nähe bei den Sternwolken der Milchstraße selbst und nicht weit davor durch dunkle Massen in der Nachbarschaft der Sonne statt.

„Besonders zwei Beispiele schienen dafür zu sprechen, daß man es bei der Höhlenbildung mit einer Absorptionserscheinung zu tun habe. Das erste ist der Nebel H IV 74 Cephei im erweiterten Ende einer langgestreckten Sternhöhle. Es sieht auf dem Bilde aus, als ob die Höhlenbildung durch dunkle Massen verursacht sein könnte, die die Fortsetzung des Nebels bilden. Man sieht, wie der Nebel aus dem Dunkel allmählich gegen die Mitte hin auftaucht und die ganze Höhle zu erfüllen scheint mit unsichtbarer Randpartie. Aber auch hier lassen sich verschiedene Verknüpfungen mit Sternen der Gegend nachweisen. Die Hauptaufgabe der Sternphotographie wird offenbar künftig darin bestehen, solche Verknüpfungen mit Evidenz nachzuweisen."

Noch lehrreicher für den Bewegungsvorgang der Höhlenbildung ist ein Nebel im Schwane, am Ende eines langen, sternarmen Kanals. „Es ist durchaus keine Konzentration gegen die Mitte des Nebels zu erkennen, und die Sterne an den Kanalrändern zeigen kein Zusammendrängen, so daß das Bild zu der Anschauung lockt, daß um und hinter dem Nebel zurückgebliebene Materie den Kanal erfüllt hat und uns das Licht der Sterne verhüllt. Betrachten wir den Kanal genauer, so finden wir viele Stellen, wo das feine, gleichmäßige Netzwerk der fernsten Sterne ungestört sichtbar ge-

blieben ist, während nur die Sterne mittlerer Helligkeit davor verschwunden sind. Das spricht wieder gegen die Absorption. Außerdem erscheint der enge Riß, an dessen Ende der Nebel angelangt ist, nur als Anhängsel an ungeheure Sternleeren. Wir würden zu der Annahme gezwungen, daß vor großen Teilen der Milchstraße solche dunkle Wolken lagern."

Solche Risse und Kanäle finden sich nicht bloß in der Milchstraße, sondern lassen sich auch weithin über den gewöhnlichen Himmelsgrund verfolgen mit scharf begrenztem Verlaufe. Man müßte dann folgerichtig annehmen, daß überall am Himmel dunkle Stoffe in Massen vorhanden wären, uns die fernen Sternregionen bis auf den schmalen Spalt verdeckend, den wir als Milchstraße erblicken. Diese wäre also nur „der sichtbare Rest verschwundener Pracht."

Eine andere, aber auch nur hypothetische Erklärung liegt in der Annahme, daß die Höhlen eine durch eine unbekannte Ursache bedingte Zerklüftung des Sternheeres darstellen. „Bei diesem Zerstörungs- oder Trennungsvorgange fände an den frisch betroffenen Stellen ein Aufleuchten sonst unsichtbarer kosmischer Massen statt. Dadurch, daß die „Nebel" am Ende oder an der Grenze der Risse auftreten, wird uns der Ort gezeigt, wo der Vorgang weiter schreitet. Auch so kommen wir wieder zu der Anschauung, daß die Milchstraße ein Rest ist, und zwar der Rest einer früher viel ausgedehnter leuchtenden Welt."

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Über die Konstitution des Erdinnern hat R. D. Oldham Untersuchungen angestellt.[1]) Er stützt sich dabei auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen bei 14 großen Beben. Von diesen werden die Laufzeitkurven der 1. und 2. Phase (die 3. oder Hauptphase pflanzt sich wahrscheinlich längs der Oberfläche fort, hat also für das Erdinnere keine Bedeutung) dargestellt. Es ergab sich, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit längs der Sehnen bis etwa 120° Distanz stetig wächst, von da aber bis zu den Antipoden abnimmt, weiter, daß dieses Verhältnis kaum anders erklärt werden kann als durch die Annahme, daß die Elastizitätskonstante nicht stetig bis zum Erdzentrum wächst, sondern in der Nähe des Zentrums, vielleicht bis 0.4 oder 0.5 des Radius, sich ein Kern befindet, der entweder die Schwingungen gar nicht durchläßt oder aber viel langsamer als die darauf liegenden Schichten fortpflanzt und gleichzeitig ablenkt. Diese letzte Erklärung hält Oldham für wahrscheinlicher.

Die Deformation des Erdkörpers unter dem Einflusse von Sonne und Mond. Auf Veranlassung des Direktors des Königl. Geodätischen Instituts, Prof. Dr. Helmert, hat O. Hecker in der für solche Arbeiten vorgesehenen Brunnenanlage des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam am Horizontalpendel Beobachtungen über die Deformation des Erdkörpers infolge der Einwirkung von Sonne und Mond angestellt. Die Aufzeichnungen selbst und deren Diskussion hat Hecker jetzt veröffentlicht,[2]) ebenso alle erforderlichen Angaben über das angewendete Instrument.

Über die Einwirkung der Sonne auf die Pendel bemerkt er: „Die Größe der Ablenkung, welche das Lot unter der Einwirkung

---

[1]) Quart. Journ. Geol. Soc. **62**. p. 456.

[2]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 32. Berlin 1907.

von Sonne und Mond erfährt, ist besonders seit Einführung des Horizontalpendels der Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Während die Bestimmung des Gravitationseinflusses des Mondes trotz seines geringen Betrages relativ leicht möglich ist, da sich die durch andere Einflüsse hervorgerufenen und ihn überdeckenden Fehler im Mittel aus einem längern Zeitraume aufheben, ist eine sichere Bestimmung des rund halb so großen Einflusses der Sonne bei Aufstellung des Instrumentes in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche, überhaupt kaum möglich. Hier tritt eine Fehlerquelle systematischer Natur hinzu, nämlich die Wirkung der Sonnenstrahlung auf den Erdboden, durch deren Einwirkung das Pendel eine periodische Schwankung ausführt, die mehr als den 50fachen Betrag der Gravitationswirkung der Sonne erreichen kann. Auch bei ausgedehnten, sorgfältig ausgeführten Beobachtungsreihen haben sich daher Werte für die Gravitationswirkung der Sonne, die sich bekanntlich als halbtägige Periode darstellt, ergeben, die nicht reell sind.

Wesentlich sicherere Resultate erhält man, wenn man den Apparat in größerer Tiefe aufstellen kann, wo nicht nur die tägliche Wanderung des Pendels sehr abgeschwächt wird, sondern auch noch der Vorteil der Temperaturkonstanz hinzukommt. Unter solchen Verhältnissen muß sich natürlich die Gravitationswirkung sowohl der Sonne als auch des Mondes viel schärfer ausgeprägt zeigen. Diese Gründe waren für die Aufstellung des Horizontalpendelapparates in der Brunnenkammer bestimmend.

Es mag noch als ein weiterer Vorteil der Aufstellung erwähnt werden, daß der Boden, auf dem die Observatorien liegen, reiner Sand ist, der sich bis in größere Tiefe erstreckt. Lokale Schwankungen, die für beide Komponenten verschieden sind, z. B. die ungleichmäßigen Bewegungen der umgebenden Gebirgsmassen, wie sie Schweydar bei seinen Beobachtungen auf der Sternwarte in Heidelberg feststellen konnte, sind hier nicht vorhanden, bis auf den Einfluß, den das allmähliche Nachsinken des Brunnenrohres erzeugt, das, wenn es auch sehr störend ist, immerhin doch annähernd der Zeit proportional erfolgt."

Über das Instrument und dessen Aufstellung ist auf die Abhandlung selbst zu verweisen. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum von Dezember 1902 bis zum Mai 1905. Behufs Ableitung der Bewegungen der Pendel unter dem Einflusse der Sonne wurden die Beobachtungen nach Monaten zusammengefaßt. Es zeigte sich sogleich, daß die Amplitude der Sonnenwelle in den Wintermonaten sehr gering ist, aber in den Sommermonaten erheblich zunimmt. Im Jahresmittel beträgt die ganze Amplitude bei Pendel I rund 0.03, bei Pendel II 0.04 Bogensekunden. Die genauere Untersuchung zeigt, daß man im allgemeinen die unter dem Einflusse der Sonne erfolgende Bewegung von Pendel I als eine Schwankung

betrachten kann, die aus einer täglichen Periode besteht, der eine halbtägige Periode mit wesentlich kleinerer Amplitude superponiert ist. Von der letztgenannten Welle kann man annehmen, daß sie durch die Anziehung der Sonne entstanden ist, denn sie stimmt im Mittel aus sämtlichen Monaten gut zu der durch den Mond verursachten Bewegung.

Während die Messung des Gravitationseinflusses der Sonne mittels der Horizontalpendelbeobachtungen durch die Unregelmäßigkeiten der täglichen Periode erschwert wird, ist die Einwirkung des Mondes auf die Pendel mit weit größerer Genauigkeit zu bestimmen. Infolge der raschen Änderung der Stellung von Mond und Sonne zueinander, hebt sich ein großer Teil der unregelmäßigen Bewegungen, wie sie die Sonne hervorruft, heraus, wenn man die Beobachtungen nach Mondstunden zusammenfaßt.

Am bequemsten ist für eine solche Untersuchung des Mondeinflusses die Methode, welche bei der Bearbeitung der Gezeitenbeobachtungen des Meeres üblich ist, und Hecker hat sich dieser deshalb bedient.

Die Beobachtungen lassen sich behufs genauerer Behandlung bequem in 30 Abschnitte verteilen. Bereits in jedem einzelnen dieser Abschnitte zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Stellung des Mondes und der der Pendel. Die Pendel führen eine Bewegung aus, deren Periode, wie bei der Ebbe und Flut des Meeres, ein halber Tag ist.

Hecker untersuchte nun weiter, wie sich die beobachtete, unter dem Einflusse des Mondes erfolgende Schwankung des Lotes zu der Schwankung verhält, die es erleiden würde, wenn die Erde absolut starr wäre.

Für die Berechnung der Anziehung des Lotes durch den Mond für eine starre Erde wurde eine Formel zugrunde gelegt, die Schweydar abgeleitet hat.

Die hiernach berechneten Bewegungen beider Pendel hat Hecker graphisch dargestellt, und auf Tafel III ist diese Darstellung vereinfacht reproduziert. Das Lot würde also unter dem Einflusse der Mondanziehung diese Bahn beschreiben, wenn die Erde völlig unnachgiebig wäre. Die wirklich durch die Beobachtungen ermittelte Mondwelle ist in der Tafel gleichfalls gezeichnet, man sieht unmittelbar, daß sie wesentlich kleiner ist als die für eine absolut starre Erde berechnete. Wenn der Erdkörper im Mittel vollständig elastisch wäre, so müßte bei der Deformation, die er durch Mond und Sonne erleidet, die Scholle der Änderung der Niveaufläche folgen. Die Horizontalpendel würden also keine Bewegung anzeigen. Dieses gilt nur für die Oberfläche eines homogenen Erdkörpers mit vollkommener Elastizität, nicht etwa für die Oberfläche des Meeres. Denn die Meeresoberfläche würde nur dann sich der Änderung der Niveaufläche vollständig anschmiegen können, wenn Sonne, Mond

und Erde die gleiche Stellung zueinander beibehielten, und die Erde sich nicht um ihre Achse drehen würde. Unter den gegebenen Verhältnissen kann somit ein Zusammenfallen der Meeresoberfläche mit der gestörten Niveaufläche nicht eintreten.

Die Beobachtungen an den Horizontalpendeln ergeben nun, daß die Ablenkung des Lotes unter dem Einflusse des Mondes geringer ist, als sie bei einem vollkommen starren Erdkörper sein würde; sie ist etwa $^2/_3$ derselben. Es zeigt sich also, daß der feste Erdkörper zwar etwas nachgibt, aber doch der Deformation einen sehr großen Widerstand entgegensetzt. Er verhält sich etwa wie eine gleich große Kugel aus Stahl.

Trotz der Größe und Unregelmäßigkeit der täglichen Periode der Sonnenwelle ergeben die Beobachtungen auch die durch den Einfluß der Sonne verursachten Gezeiten des festen Erdkörpers in unzweideutiger Weise.

„Wie sich aus vorbereitenden Rechnungen ergibt," fährt Hecker fort, „ist auch die tägliche Ungleichheit der Mondwelle, deren Größe durch die geographische Breite des Beobachtungsortes und durch die Deklination des Mondes gegeben ist, durch das vorliegende Beobachtungsmaterial nachweisbar. Ein Eingehen auf diese Frage soll aber bis nach Abschluß der neuen Beobachtungsreihe verschoben werden.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob die beobachtete Mondwelle nur auf die Einwirkung des Mondes auf die Pendel zurückzuführen ist, oder ob nicht auch noch andere Ursachen das Pendel beeinflussen.

Solche Störungen können z. B. bewirkt werden durch Änderungen in der Massenverteilung der Erde, wie auch durch den Transport von Massen an der Erdoberfläche.

Treten Störungen dieser Art, die eine Änderung der Niveauflächen zur Folge haben, unregelmäßig ein, wie etwa die Wanderung der barometrischen Maxima, so werden sie sich im Mittel aus vielen Beobachtungen aufheben, periodische Störungen dagegen heben sich nur unter bestimmten Voraussetzungen auf.

Es kommt hier besonders die ebenfalls durch den Mond verursachte Ebbe und Flut des Meeres in Betracht.

Für Potsdam ist die Nordsee das nächste Meer, das eine beträchtliche Ebbe und Flut zeigt. Falls nun alle zwölf Stunden ein regelmäßiges Füllen und Leeren des Nordseebeckens einträte, so würde sich die Differenz der Attraktion der Wassermasse bei Ebbe und bei Flut auf die Pendel leicht berechnen lassen.

Man kann die Nordsee als ein angenähert kreisrundes Becken von etwa 350 *km* Radius betrachten.

Nach den von Helmert entwickelten Formeln für die Lotstörung an der Küste eines zylindrischen Kontinentes kann man nun bestimmen, wie groß die Lotstörung an der Küste der Nord-

see ist, wenn sich der Wasserstand um einen bestimmten Betrag erhöht. Es ergibt sich für ein Steigen des Wassers um 1 *m* eine Anziehung des Lotes von 0.04″. Für die landeinwärts gelegenen Punkte nimmt die Störung ab. In dem gegen 800 *km* von dem Mittelpunkte der Nordsee entfernten Potsdam beträgt sie nur noch 0.0006 Bogensekunde.

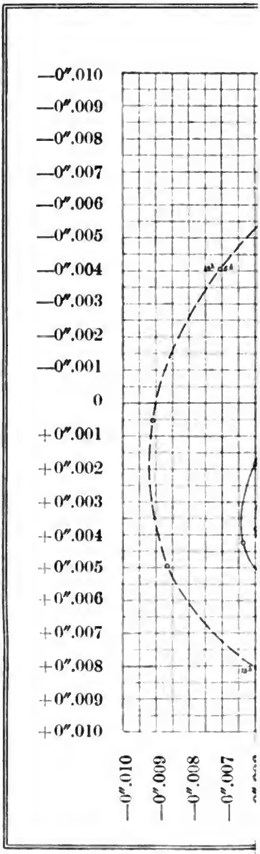
Aber auch dieser Einfluß ist noch nicht anzunehmen.

Betrachtet man nämlich die Gezeitenkarte der Nordsee, so ergibt sich das folgende sehr verwickelte Bild des Verlaufes der Gezeiten. Zunächst braucht die durch den Kanal eintretende Flutwelle etwa sechs Stunden, um von seinem Eingange bis nach Dover zu kommen. Nach sechs Stunden erreicht sie dann etwa die Breite von Amsterdam, nach wiederum sechs Stunden die Insel Borkum, schließlich nach sechs Stunden den nördlichen Teil Dänemarks.

Zur selben Zeit etwa, wo die Flutwelle Dover erreicht, läuft eine zweite Flutwelle von den Shetlandinseln an in die Nordsee ein, der englischen Küste entlang. Diese hat nach sechs Stunden fast die Breite von Hull und wiederum nach sechs Stunden die Breite von Yarmouth erreicht.

In dem Momente, wo im Eingange des Kanals Hochwasser ist, ist bei Dover und auf der Linie von den Shetlandinseln nach dem südlichen Norwegen Ebbe, an der holländischen Küste in der Breite von Amsterdam und an der englischen Küste bei Hull Flut, bei Borkum und an der englischen Küste bei Yarmouth Ebbe und schließlich an der Nordküste von Dänemark Flut. Das sind allerdings nur Messungen an den Küsten. Wie sich die Verhältnisse in der freien Nordsee selbst darstellen, ist noch nicht genügend bekannt, jedenfalls tritt aber kein gleichmäßig alle zwölf Stunden vor sich gehendes Füllen und Leeren des Nordseebeckens ein. Man wird also ohne großen Fehler die Beeinflussung des Pendels durch die Gravitationswirkung infolge der Anstauung der Wassermasse der Nordsee bei der Flut und des Ablaufens derselben bei Ebbe, und ebenfalls die Biegung der Erdkruste durch die eintretende Belastung und Entlastung als gering veranschlagen können.

Ob die Ebbe und Flut im Atlantischen Ozeane etwa einen Einfluß ausübt, ist zwar vorläufig noch nicht mit Sicherheit festzustellen; jedenfalls läßt sich aber nach der von Harris gegebenen Gezeitenkarte des Atlantischen Ozeans, auf die hier verwiesen werden muß, erwarten, daß, wenn ein Einfluß vorhanden ist, er nur gering sein kann. Rechnerisch würde sich der Einfluß ermitteln lassen, wenn man entweder ein sicheres Bild des Verlaufes der Flut im Atlantischen Ozeane fern von der Küste hätte — in diesem Falle würde man die anziehende Wirkung der Wassermassen in einfacher Weise berechnen können —, oder dadurch, daß man Horizontalpendelbeobachtungen in großer Ferne von der Küste z. B. im Innern Rußlands anstellen würde.“



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Bewegung

Die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchung faßt Hecker wie folgt zusammen:

„Die Deformationen, welche der Erdkörper unter dem Einflusse von Sonne und Mond erleidet, sind von zweierlei Art; es sind nämlich zu unterscheiden die Deformationen, welche nur die obern Teile der Erdkruste erfahren, und die, welche der ganze Erdkörper erleidet.

Die zuerst genannte Art von Deformation äußert sich in scheinbaren Schwankungen des Lotes; die Richtung der Schwere bleibt dieselbe, und nur die Lage der Scholle gegen sie ändert sich. Die bemerkenswerteste Störung dieser Art ist die tägliche Periode der Bewegung der Pendel infolge der Sonnenstrahlung. Ihre Wirkung ist nur sehr oberflächlich, da sie bei Sandboden schon in 25 *m* Tiefe auf etwa $^1/_7$ des Betrages, den sie an der Erdoberfläche hat, herabsinkt.

Die zweite Art von Deformation aber, die der ganze Erdkörper erleidet, kennzeichnet sich durch wahre Bewegungen des Lotes, die eine Folge der Attraktionswirkung von Sonne und Mond sind. Bei der Annahme einer absolut starren Erde würden diese Bewegungen ihr Maximum erreichen.

Wenn dagegen der Erdkörper der Attraktionswirkung mit der Freiheit einer vollkommenen Flüssigkeit nachzugeben vermöchte, so würden diese Bewegungen verschwinden, da sich dann die Oberfläche so anordnet, daß die wahre Richtung der Schwere stets senkrecht auf ihr steht.

Die Beobachtungen ergeben nun, daß der Erdkörper unter der anziehenden Wirkung sowohl des Mondes als auch der Sonne etwas nachgibt, aber doch der Deformation einen sehr großen Widerstand entgegensetzt.

Die Bewegungen des Lotes haben etwa $^2/_3$ des Betrages, den sie bei einer absolut starren Erde haben würden.

Nach Lord Kelvins Untersuchungen kann man hieraus schließen, daß der Erdkörper sich ungefähr verhält, wie eine gleich große Kugel aus Stahl.“

Eine Untersuchung über den Starrheitskoeffizienten der Erde hat W. Schweydar veröffentlicht.[1]) Die erste genauere Abschätzung des Wertes der Starrheitskoeffizienten der Erde rührt von Thomson her. In der „Natural Philosophy“ Part II zeigt er aus je 33 Beobachtungen der vierzehntägigen und monatlichen Mondflut, daß die Höhe dieser Ungleichheit des Meeresniveaus 0,7 ihres theoretischen Wertes beträgt, und schließt daraus, daß die Starrheit der Erde gleich oder größer ist, als diejenige des Stahles. Bei dieser Schlußfolgerung ist auf die Verteilung der Dichte im Erdkörper keine Rücksicht genommen. Die Zahl der hierbei benutzten Gezeiten-

[1]) Beiträge zur Geophysik. Von Gerland 1907. 9. p. 41. ff.

beobachtungen reicht jedoch nicht aus, um einen sichern Aufschluß über den Grad der Starrheit der Erde zu erhalten, da meteorologische Vorgänge nicht ohne Einfluß auf die langperiodischen Glieder der Gezeiten sein werden. Ein anderer Weg, zur Kenntnis des Starrheitsgrades der Erde zu gelangen, bot sich, als Chandler aus den Beobachtungen der Breitenvariationen nachwies, daß die Periode der Bewegung der Rotationsachse im Erdkörper 427 Tage beträgt, während die Theorie für die vollkommen starre Erde die sogenannte Eulersche Periode von 305 Tagen fordert. S. Newcomb machte zuerst darauf aufmerksam, daß bei Nachgiebigkeit der Erde die Eulersche Periode sich vergrößert, und S. S. Hough hat auf Grund einer eingehenden Theorie der Rotation eines elastischen homogenen Sphäroids gezeigt, daß die Eulersche Periode sich auf den von Chandler gefundenen Betrag verlängert, wenn die Erde die Elastizität des Stahles ($7{,}65 \times 10^{11}$ c g s) besitzt. M. P. Rudzki hat die Aufgabe von der Breitenvariation bei einem elastischen, von Wasser bedeckten, inkompressibeln Sphäroid bearbeitet. Er setzt ebenfalls, indem er auf die Ergebnisse der Thomsonschen Theorie der elastischen Deformationen der Erde zurückgreift, die Erde als homogen voraus. Mit Rücksicht auf die Deformation des Ozeanes findet er für den Starrheitskoeffizienten einen größern Wert, nämlich $17{,}1 \times 10^{11}$ (c g s). Vernachlässigt er den Einfluß des Ozeanes, so erhält er für jenen Koeffizienten $12{,}5 \times 10^{11}$.

G. Herglotz zeigte in einer 1905 erschienenen Arbeit, daß die Dichtezunahme gegen das Erdinnere die Festigkeit bedeutend erhöht, und die durch die fluterzeugende Kraft entfernter Himmelskörper hervorgerufenen Deformationen bei der Nachgiebigkeit des Stahles und bei Berücksichtigung des Rocheschen oder Wiechertschen Dichtegesetzes nur 0,8 derjenigen betragen, die für die homogene Erde sich ergeben. Bei Annahme der Wiechertschen Hypothese über die Verteilung der Dichte findet er aus der Chandlerschen Periode für den Starrheitskoeffizienten $n = 11{,}68 \times 10^{11}$ (c g s), während die Rechnung mit der Homogeneität $n = 9{,}19 \times 10^{11}$ liefert. Die Bestimmung der Elastizität der Erde aus der Chandlerschen Periode besitzt jedoch den Übelstand, daß die Periode aus dem relativ geringen Beobachtungsmateriale sich nicht sicher bestimmen läßt. Während Chandler für dieselbe den Wert von 427 Tagen berechnet, findet Kimura mit Rücksicht auf das gesamte vorhandene Material, daß sie in den Jahren 1890 bis 1893 438 Tage betrug, von da an sich immer mehr verkürzte und zwischen 1900 und 1905 den Betrag von 434 Tagen erreichte. Wieweit diese Variation ein Rechnungsergebnis darstellt, läßt sich aus den vorläufigen Mitteilungen Kimuras nicht erkennen.

Das Ziel der Abhandlung Schweydars ist die Bestimmung des Starrheitskoeffizienten aus der Größe der Ablenkung eines Horizontalpendels unter dem Einflusse der Attraktion des Mondes und aus dem

Vergleiche der beobachteten Höhen der vierzehntägigen und monatlichen Mondflut mit ihrem theoretischen Werte unter Zugrundelegung eines weit größern Beobachtungsmaterials, als dies von Thomson geschehen ist.

„Die fluterzeugende Kraft des Mondes verändert periodisch die Richtung der Schwerkraft an einem Orte und deformiert zugleich die Gestalt des Erdkörpers. Die Erdoberfläche hat unter dem Einflusse der störenden Kraft das Bestreben, sich senkrecht zu der neuen Schwererichtung einzustellen; wäre die Erde vollkommen nachgiebig, so würde relativ zur Oberfläche keine Änderung der Lotrichtung eintreten, und somit das Horizontalpendel keine Ablenkung erfahren. Wenn demnach die Erde der deformierenden Kraft nur unvollkommen nachgibt, so muß die beobachtete Ablenkung des Pendels kleiner sein, als die aus der Größe der Mondanziehung auf das Lot berechnete. Somit gibt das Verhältnis der beobachteten Ablenkung des Horizontalpendels zur Größe der Anziehung auf das Lot ein wertvolles Maß für die Nachgiebigkeit der Erde. Wenn erst eine große Zahl von Beobachtungsreihen dieser Art vorliegt, darf man bei dieser Methode auf genauere Resultate rechnen, als auf den bisher eingeschlagenen Wegen; schon die verhältnismäßig geringe Zahl der in dieser Abhandlung diskutierten Beobachtungen gibt ein befriedigendes Ergebnis. Es wäre sehr wünschenswert, wenn an zahlreichen Orten der Nord- und Südhalbkugel ungedämpfte Horizontalpendel mit großer Schwingungsdauer zur Beobachtung der Ablenkung des Lotes unter der Wirkung der Mondanziehung aufgestellt würden. Notwendige Bedingung der Auswahl der Stationen ist größere Entfernung von der Meeresküste, da hier die sogenannten sekundären Störungen durch Ebbe und Flut das Ergebnis der Beobachtungen fälschen können. Von großem Vorteile ist es, wenn das Pendel in größerer Tiefe unter der Erdoberfläche aufgestellt wird, wie es in Potsdam im Geodätischen Institut geschehen ist, da hier die störenden periodischen Bodenneigungen, die ihren Ursprung in der wechselnden Sonnenstrahlung haben, viel kleiner sind als unmittelbar an der Erdoberfläche. Ein derartiger systematisch angelegter Beobachtungsplan würde sich um so leichter ausführen lassen, als es heute sehr viele Stationen gibt, die mit Horizontalpendeln ausgestattet sind.

Die theoretische Grundlage der Ableitung des Starrheitskoeffizienten aus den Horizontalpendel- und Flutbeobachtungen ist im ersten Teile der Arbeit enthalten. Den Ausgang bilden die exakten Differentialgleichungen der Elastizität; die Erde ist als inhomogen und inkompressibel angenommen, und der Untersuchung das Wiechertsche Dichtegesetz zugrunde gelegt. Diese Grundlage war bereits dargestellt, als die oben angeführte Abhandlung von Herglotz erschien.

Im zweiten Teile wird die Formel für die Ablenkung eines in beliebigem Azimut aufgestellten Horizontalpendels, welche die

Anziehung des Mondes und die Deformation der Erdoberfläche verursacht, aufgestellt und aus den sechs brauchbaren Beobachtungsreihen für den Koeffizienten der Starrheit der Wert $n = 6.3 \times 10^{11}$ (c g s) abgeleitet. Der dritte Teil gibt den Ausdruck für den durch die Gezeiten der festen Erde bedingten Verkleinerungsfaktor der Fluten bei Berücksichtigung der variabeln Dichte und berechnet aus 194 Beobachtungen der vierzehntägigen Mondflut für n den Wert 6.1×10^{11} (c g s) und aus ebensovielen Beobachtungen der monatlichen Mondflut $n = 5.5 \times 10^{11}$ (c g s). Mit Rücksicht auf die Gewichte ergibt sich im Mittel $n = 6.09 \times 10^{11}$. Der zweite und dritte Teil setzt die Starrheitskoeffizienten für Kern und Mantel der Erde als gleich voraus. Der vierte Teil läßt diese Annahme fallen und zieht aus der Chandlerschen Periode und den Ergebnissen der vorangehenden Untersuchungen einen Schluß auf den Grad der Starrheit des Erdinnern. Es ergibt sich das wenig wahrscheinliche Resultat, daß man der Erdkruste die Starrheit $n = 0.9 \times 10^{11}$ und dem Erdkern $n = 20.2 \times 10^{11}$ (c g s) zu erteilen hat. Der zu kleine Koeffizient der Starrheit der Erdrinde deutet darauf hin, daß, wie auch von Wiechert angenommen wird, zwischen Kern und Kruste sich eine plastische Schicht befindet, auf der die Erdrinde gewissermaßen schwimmt.

Die Deformationen dieser Schicht, welche der Mond hervorruft, heben und senken die Erdrinde und vergrößern den Einfluß, welchen die Deformationen der Erdoberfläche auf die Höhe der Fluten und die Ablenkung des Horizontalpendels ausüben. Man wird daher, wenn man die Schicht nicht berücksichtigt, aus den Flut- und Horizontalpendelbeobachtungen einen zu kleinen Starrheitskoeffizienten erhalten. Die Annahme dieser plastischen Schicht gewinnt umso mehr an Wahrscheinlichkeit, als Wiechert aus andern Gründen zu demselben Schlusse gelangt. Schweydars Resultat läßt ferner vermuten, daß die Dicke der plastischen Schicht im Vergleiche zur Dicke der Erdrinde größer ist, als von Wiechert angenommen wird. Genauern Aufschluß über diese Fragen wird man erst erhalten, wenn die Perioden der komplizierten Breitenvariationen rechnerisch genauer bestimmt sind, und mehr Material an Pendelbeobachtungen vorliegt. Vorläufig müssen wir uns mit dem Hauptresultate der vorliegenden Abhandlung begnügen, daß die effektive Starrheit der Erde, wie sie sich in den Ablenkungen des Horizontalpendels und der Höhe der Ozeanfluten äußert, 6.09×10^{11} beträgt, also bedeutend geringer ist, als die Chandlersche Periode der Polbewegung ergibt (11.68×10^{11}).

Die absolute Größe der Schwerkraft zu Potsdam. An dem Geodätischen Institute zu Potsdam haben F. Kühnen und Pf. Furtwängler mit Reversionspendeln eine überaus genaue, mustergültige Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft ausgeführt.[1])

[1]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 27.

Die Beobachtungen wurden mit fünf Pendeln in den Jahren 1898 bis 1904 ausgeführt, und zwar im Pendelsaale des Instituts, der nur sehr geringen Temperaturschwankungen unterliegt. Die Beobachtungen sowohl als die Reduktionen sind mit größtmöglicher Genauigkeit durchgeführt, und darf das Endresultat wohl als eine der am schärfsten bestimmten physikalischen Größen betrachtet werden. Es ergab sich als Länge des einfachen Sekundenpendels für Potsdam: 994.239 *mm* ± 0.003 *mm*, und die Konstante g der Schwerkraft für denselben Punkt beträgt hiernach: g = 981.274 ± 0.003. Zum Vergleiche geben die Beobachter folgende anderweitigen Bestimmungen dieser Konstante, reduziert auf Potsdam:

Ort	Beobachter	g
Madrid . .	Barraquer. . .	981.270±0.005
Paris . . .	Defforges . . .	981.282±0.010
Königsberg	Bessel	981.254±0.006
Güldenstein	Schumacher . .	
Berlin . . .	Peters	
Rom . . .	Piscati u. Pucci	981.274±0.008
Wien . . .	v. Oppolzer . .	981.273±0.005
Padua . . .	Lorenzoni . . .	981.263± ?

Das Mittel hieraus ist g = 981.270 ± 0.006, sehr gut übereinstimmend mit dem neubestimmten Werte.

Schwerkraftsbestimmungen auf dem Ozeane. Prof. Dr. O. Hecker hat[1]) die Reduktion seiner Schwerkraftsbestimmungen, die er auf dem Indischen und Stillen Ozeane anstellte, nahezu zu Ende geführt. Die doppelte Ausmessung der registrierten Barometerhöhen am Mikrometermikroskop wurde für die ganze Reise beendet. Über die Ergebnisse der beiden Reisen über den großen Ozean konnte er bereits auf der Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in Budapest berichten.

Sowohl die Beobachtungen auf den Reisen Sydney—San Francisco, als auch die auf der Fahrt von San Francisco nach Yokohama haben ergeben, daß im allgemeinen die Schwerkraft über den Tiefen des Stillen Ozeanes nahezu normal ist und der Helmertschen Schwereformel von 1901 entspricht.

Außer der bereits durch Pendelbeobachtungen ermittelten großen positiven Schwerestörung auf Oahu, die auch in einiger Entfernung von der Insel durch die Schwerkraftsbestimmung an Bord nachgewiesen wurde, konnte noch eine besonders große negative Störung über eine der größten Tiefen des Weltmeeres, der Tongarinne, festgestellt werden; eine positive Störung zeigte dagegen das sich anschließende Tongaplateau.

Mit dem Studium des Einflusses, den die ungleichmäßigen, durch die Wellenbewegung des Meeres verursachten Hebungen und

[1]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 33. Jahresbericht des Direktors 1907.

Senkungen des Schiffes auf die Bestimmung der Schwerkraft an Bord haben, wurde begonnen. Es wurden für diesen Zweck bereits mehrere Tausend Wellen ausgemessen. Für den Indischen Ozean bleibt diese Arbeit noch zu erledigen. Es hat sich ergeben, daß die erwähnte Fehlerquelle durchaus berücksichtigt werden muß.

Eine Vervollkommnung der Schwerkraftsbestimmung an Bord wird durch die Anwendung eines elektrisch angetriebenen Kreisels angestrebt, der die Bewegung des Barometerapparates dämpfen soll.

Versuche in dieser Richtung, wie auch in betreff der Verbesserung der Siedeeinrichtung sind im Gange.

Die sogenannten Massendefekte unter Gebirgen und Hochländern, welche durch die Schwerebestimmungen mittels Pendelbeobachtungen nachgewiesen worden sind, haben behufs ihrer Erklärung zu der Annahme großer Hohlräume in der Tiefe oder ausgedehnter Massen von geringem spezifischen Gewichte geführt. Eine neue Deutung gibt jetzt K. Gugler[1]), die allerdings schon früher auch von dem Geologen Heim angeführt worden ist. Die Erklärung Guglers ist folgende: Durch die Pendelbeobachtungen ist bekannt, daß in größern Tiefen unter der Erdoberfläche teilweise leichtere, teilweise aber auch schwerere Massen vorhanden sind. Die Gesteinshülle der Erde vom durchschnittlichen spezifischen Gewichte 2.5 kann nur bis zu einer gewissen Tiefe reichen, darunter folgen Schichten aus Massen von höherm spezifischen Gewichte. Wenn man nun annimmt, daß unter den Gebirgen die leichtere Gesteinsschicht in entsprechend größere Tiefe hinabreiche, als an Orten, wo keine Gebirge sind, so sind die Massendefekte unter den Gebirgen einfach und natürlich erklärt. Der Erde im ganzen kommt das spezifische Gewicht von 5.6 zu; man muß daher im Innern den Massen das höhere spezifische Gewicht der Metalle zuschreiben. Unter der Annahme, daß der Erdkern das spezifische Gewicht des Eisens besitzt, hat man für die Gesteinshülle eine Dicke von 800 *km* berechnet. Gugler hält jedoch dieser Rechnung die wahrscheinlichere Annahme entgegen, daß die Gesteinshülle nicht in solche Tiefe reiche, daß vielmehr in einer bestimmten Tiefe allmählich stets schwerere Massen (basische erzreiche Eruptivgesteine, Magneteisenstein vom spez. Gew. 4.8, Roteisenstein, spez. Gew. 5.2) folgen und erst auf diese der metallische Erdkern. Nimmt man nun an, daß die Gesteinshülle (spez. Gew. 2.5) nur eine Mächtigkeit von 40, 50 oder 60 *km* habe, so berechnet sich die Erdschicht (spez. Gew. 5) zu 1958 bis 1886 *km* und der Halbmesser des Erdkernes zu 4372 bis 4424 *km*; und aus dieser Annahme folgt, daß unter Gebirgen die Gesteinsschicht genau um ebenso viel tiefer herabreichen muß, als die Höhe des Gebirges über dem Meere beträgt. Verfasser zeigt,

[1]) Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Ges. in Zürich 1906. **51.** p. 229.

daß unter diesen Annahmen in der Tiefe von 70 *km* unter der Meeresoberfläche die Massen von der Oberfläche bis dahin gleiches Gewicht haben, sowohl unter Gebirgen von 3000 *m* Höhe (Dicke der Gesteinsschicht 46 000 *m*, Erzschicht 27 000 *m*) und bei Gebirgen von 8000 *m* Höhe (Gesteinsschicht 56 000 *m*, Erzschicht 22 000 *m*), als in Meeren von 3500 *m* Tiefe (Gesteinsschicht 34 400 *m*, Erzschicht 32 100 *m*) und von 8000 *m* Tiefe (Gesteinsschicht 27 000 *m*, Erzschicht 34 800 *m*).

Die Entstehung der Gebirge durch seitliche Pressung beim Schrumpfen der sich abkühlenden Erde erleichtert die Vorstellung, daß die leichtern gesteinbildenden Massen beim horizontalen Schube ebenso nach unten wie nach oben ausgewichen sind und nun als Massendefekte unter den Gebirgen in die Erscheinung treten.[1])

Die Ergebnisse der geodätischen und geophysikalischen Beobachtungen in Nordamerika faßt Prof. Pattenhausen in dem Abs. VI der 79. Versammlung deutschen Naturforscher zu Dresden 1907 in folgende Sätze zusammen:

1. Für die Vereinigten Staaten und die angrenzenden Gebiete ist die Annahme der vollkommenen Starrheit der Erdkruste als weit von der Wahrheit liegend anzusehen; im Gegenteile stellt die Annahme, daß die Erdoberfläche in jener Gegend sich im Zustande der Isostasie (d. i. der eigentümliche Zustand einer durch die Verteilung des Materials und der Dichtigkeit hervorgebrachten Gleichgewichtes) befindet, eine vergleichsweise große Annäherung an die Wahrheit dar. 2. Für das bezeichnete Gebiet hat sich als wahrscheinlichster Wert der Kompensationstiefe, wenn die Dichtigkeit der kompensierenden Massen als bis zu dieser Tiefe gleichmäßig vorausgesetzt wird, der Betrag von 114 *km* ergeben; es ist als sicher anzunehmen, daß die Tiefe nicht kleiner als 80 *km* und nicht größer als 160 *km* ist. 3. Für das beobachtete Gebiet ist der durchschnittliche Fehler der unter der Annahme vollkommener isostatischer Kompensation berechneten Lotabweichung weniger als ein Zehntel des Betrages, den man unter der Annahme vollständiger Starrheit der Erdoberfläche erhält. 4. Die gegenwärtig nutzbaren Beobachtungen der Lotablenkung lassen keinen sichern Schluß auf die Verteilung der isostatisch kompensierenden Massen mit der Tiefe zu, und 5. aus den beobachteten Lotablenkungen ergeben sich für das Erdellipsoid 6 378 283 *m* für den Äquatorialhalbmesser, 6356868 *m* für den Polarhalbmesser und für die Abplattung 1/297.8. Diese Werte stimmen gut mit den aus andern neuen Messungen hervorgegangenen Resultaten überein. Als mittlere Dichte der ganzen Erde wurde 5.576, als diejenige der die Erhebung bildenden Masse 2.67 und als diejenige des die Meeresbecken füllenden Seewassers 1.03 angenommen.

---

[1]) Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 32.

Oberflächengestaltung.

Die Geest Ostfrieslands. Mit dem Namen Geest bezeichnet man auf der vorspringenden ostfriesischen Halbinsel zischen der Jade und dem Dollart den unfruchtbaren, diluvialen Boden im Gegensatze zu dem fruchtbaren Marschlande. Die Hauptmasse liegt nördlich und nordöstlich von Leda und Ems, ein kleines Stück, davon getrennt, südlich; das Ganze mit Einschluß der Moore bedeckt etwa 2000 *qkm*. Geographische Beschreibungen der ostfriesischen Geest liegen in genügender Ausführlichkeit vor, allein sie reichen zum wissenschaftlichen Verständnisse dieses Gebietes nicht aus, sondern solches kann nur auf Grund eingehender geologischer Studien gewonnen werden. Eine ins einzelne gehende Darlegung des gesamten vorhandenen Materials ist erst unlängst von Dr. R. Bielefeld gegeben worden.[1])

Diese höchst verdienstvolle Arbeit erstreckt sich aber weiter auch auf die Entwicklungsgeschichte des ostfriesischen Diluviums, die Entstehung des Stromsystems der Ems und der Seen im Gebiete der Geest. Sie schildert dann die Physiographie der letztern, die klimatischen Verhältnisse, die Pflanzen- und Tierwelt und schließt mit einem Blicke auf die Bevölkerung.

An dieser Stelle interessiert uns lediglich die geophysikalische Seite der Bielefeldschen Untersuchungen.

Im Gegensatze zur ostfriesischen Marsch, die mit ihrer fast baumlosen Ebenheit und großen Fruchtbarkeit ein oro- und physiographisch einheitliches Bild gewährt, bietet die Geest einen anmutigen Wechsel in dem Aussehen ihrer Oberfläche dar. „Südlich vom glazialen Stromtale der Leda-Unterems finden wir sowohl im Reiderlande als auch in Overledingen flache meridionale Höhenzüge, welche allesamt einen weiten Umblick auf die flache Umgebung mit ihren Weilern und Dörfern gewähren und zugleich willkommene Stätten menschlicher Siedlungen repräsentieren, die hier von Busch und Hain manchmal malerisch umrahmt erscheinen. Das völlig ebene glaziale Stromtal bildet dazu einen auffallenden Gegensatz; hier ruht das Auge auf einer fast unabsehbaren Grasebene, die nur hier und da durch Einzelgehöfte und unbedeutende Siedlungen unterbrochen wird. Im Röhricht hören wir den Rohrsperling sein geschwätzig Liedchen trillern, und in den Lüften zeigen sich Kiebitz, Bekassine und Pfuhlschnepfe als die charakteristischen Bewohner der Wiesen- und Sumpflandschaft. Nur dort, wo die „hohe Geest“ mit diluvialen Vorgebirgen nahe an das alte Stromtal herantritt, wie bei Leer und Detern, hat der Mensch Raum zu größern

[1]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. **16**. 4. Heft. Die Geest Ostfrieslands, geologische und geographische Studien zur ostfriesischen Landeskunde und zur Entwicklungsgeschichte des Emsstromsystems von Dr. R. Bielefeld. Stuttgart, J. Engelhorn, 1906.

Siedlungen gefunden, die aber dem Flußtale selbst nicht mehr angehören."

Unter der Ackerkrume findet man an den meisten Stellen der ostfriesischen Geest zunächst gelben Sand, 0.5 bis 2 *m* mächtig, der als Absatz aus dem Wasser anzusehen ist, darunter an manchen Stellen deutlich geschichteten Lehm und unter diesem schichtungslosen, regelmäßig mit Geschieben durchsetzten Geschiebelehm, der nichts anderes ist als die Grundmoräne des nordeuropäischen Inlandeises und nach oben und unten scharf begrenzt auftritt. Unter ihm, örtlich wechselnd, Tonmergel, sandiger Glimmerton, fein- und grobkörniger Kies, ein vielgestaltiges Glied des Diluviums, das bis zu 50 *m* hinab verfolgt werden konnte, aber nirgends von Spuren einer zweiten Grundmoräne unterbrochen ist. Die Grundmoräne entwickelte sich beim Vorrücken des aus Norden kommenden Inlandeises, während beim Rückzuge desselben auf dieser das im Eiskörper noch vorhandene Material an Sand und Geschieben abgesetzt wurde und als Hangendes der Grundmoräne ein neues Glied des Diluviums, die Innenmoräne oder das Inglazial entstand. Darüber breitete das abschmelzende Eis endlich in verhältnismäßig ruhiger Ablegung den gelben Sand, der in meist nur 1 *m* mächtiger Schicht angetroffen wird. Da die Grundmoräne in ganz Ostfriesland in nur einer einzigen Decke entwickelt ist, so schließt Dr. Bielefeld mit Recht, daß Ostfriesland auch nur ein einziges Mal von dem nordeuropäischen Inlandeise überschritten worden ist. Was die Gesteine anbelangt, deren vom Eise verschleppte Brocken das Material zum Aufbaue der diluvialen Schicht lieferten, so kommt Bielefeld zu folgendem Ergebnisse:

„Das Sammelgebiet von jenem Teile des Westflügels des nordeuropäischen Inlandeises, der das ostfriesische Diluvium aufbaute, lag über dem zentralen schwedischen Hochgebirge der Provinz Dalarne und seiner nächsten Umgebung. Von hier flossen die Eismassen zunächst südostwärts in die Südhälfte des bottnischen Meerbusens, wo sie sich sehr bald südwärts wandten und über den Alandarchipel und die Insel Gotland hinwegströmten. Auf der Breite von Gotland aber nahm der Eisstrom eine südwestliche Richtung an, in der er bis über Ostfriesland hinaus verharrte. Er überschritt die Insel Ösel, das südschwedische Festland (Blekingen und Schonen) und das westbaltische Kreidegebiet und gelangte über Schleswig-Holstein und den südöstlichsten Teil der jetzigen Nordsee in unsere Gegenden."

Die untere Ems war damals nicht vorhanden, und die Leda floß im Vereine mit der Hunte, eine alte Schmelzwasserrinne von dem Eise (und späteres glaziales Stromtal) benutzend, als selbständiges Flußsystem nordwestwärts in die Nordsee.

Die Ursache der Bildung des heutigen Emssystems findet Dr. Bielefeld lediglich in äolischen Einwirkungen. Er zeigt, daß der Ost-

und Nordostwind in oft staunenerregender Weise beim Aufbaue und Abbruche der Dünen wirksam sind. „Die Beobachtungen lehren die so oft unterschätzte Bedeutung des Windes als bedingenden Faktor in der Umgestaltung der Erdoberfläche erst vollauf würdigen. Der über die weiten Landräume unseres Kontinents wehende trockene Ost bedingt einen solch geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, daß der Sand in seinen obersten Schichten sehr bald völlig ausgedörrt und alsdann aufgewirbelt wird. Es liegt auf der Hand, daß durch die Austrocknung des Sandes dessen Transportfähigkeit für Winde in einem außerordentlichen Maße erhöht wird. Jede Windrichtung wirkt auf die Bewegung des Flugsandes ein, der Ost und Nordost jedoch in einem nach Maßgabe ihrer größern Austrocknungsfähigkeit entsprechend höhern Grade. Namentlich sie sind es gewesen, die die Wüstenbildungen im Kreise Lingen und Bentheim verschuldet haben. Die Ost- und Nordostwinde waren es auch, die, aus den Gebieten östlich von der Ems und vom rechten Emsufer den Flugsand westwärts werfend, den ganzen langen Flugsandwall von Emsbüren und Leschede an bis hin zur ostfriesischen Grenze links von der Ems aufhäuften, durch diese gewaltigen Dünenbildungen das etwa 80 *km* lange Bourtanger Moor an der Abwässerung nach der Ems hin verhinderten und damit in die Entwicklung dieses Moores, das im Westen durch den Hondsrüg abgeschrankt wird und im Süden durch die Stromverlegung auch noch die Grenzwasserlinie der alten Hase einbüßte, wesentlich fördernd eingriffen. Die durch Ost und Nordost fortgewehten Flugsandmassen konnten um so leichter die alten Verbindungsarme zwischen Oberems und Vecht und Hase und Vecht verstopfen, als dann auch der Wasserstand gerade ein besonders niedriger war infolge der Einwirkung dieser Winde auf die Flutverhältnisse der Nordsee und der Flachlandflüsse. Durch die von Osten und Nordosten herbeigeführten Flugsandmassen wurde der Bourtanger Moor von der Ems abgeschrankt und damit in seiner Entwicklung wesentlich gefördert. Ost und Nordost halfen dadurch, daß sie die alten Verbindungsarme zwischen Oberems und Vecht und Hase und Vecht durch hergewehten Flugsand nach und nach verstopften, die Stromverlegungen und damit die Entwicklung des jetzigen Emssystems allmählich vollendeten."

Die Grundlinien des ganzen Ems- und Vechtsystems aber waren durch die glazialen Stromtäler im Westen der Weserlinie vorgezeichnet. „Das jetzige Emsstromsystem ist fast allein in seinen Nebenflüssen (der großen Aa mit den beiden andern Aaen, der Hase und der Leda mit der Jümme) eine Folgeerscheinung glazialer Wasserläufe. Nur der alleroberste Teil des Emslaufes — von dem an der Bielefelder Pforte gelegenen Ursprunge der Lutter, die in Wahrheit das oberste Stromstück der Ems repräsentiert, bis Telgte — und der allerunterste — von der Ledamündung bei Leer bis zur Nordsee — benutzen glaziale Stromtäler. Zwischen dem Faltungs-

zuge des nordwestlichen Teutoburger Waldes von Lengerich-Ibbenbüren und der Kreidetafel von Horstmar-Burgsteinfurt sammelten sich in postglazialer Zeit die Wasser, durch Werse, obere Ems und Münstersche Aa gespeist und von der Werse nordwärts gestoßen, und entwickelten allmählich die noch jetzt sehr gewundene Stromlinie der Ems von Telgte bis Elbergen-Hanekenfähr. Naturgemäß ist dieses Stromstück der Ems von Telgte bis Elbergen weit älter als die untere von Elbergen bis zur Ledamündung reichende Stromstrecke, weil es doch bereits dem Urvechtsysteme angehört und daher schon dem frühen Postglaziale seine Entstehung verdankt, während das offenbar allerjüngste Stromstück der Emslinie, von Elbergen bis zur Ledamündung, erst dem Spätpostglaziale entstammt.

Das schon lange vor der Eiszeit als Hauptentwässerungsader des Paderborner Kreidebeckens ausgebildete Stromsystem der Lippe mußte der Ems ein Stromstück liefern, das infolge seines präglazialen Alters keinem andern Teile des Emslaufes wesensgleich ist und daher als das urälteste und zugleich heterogenste Stück des ganzen buntscheckigen Emssystems gelten muß. Es ist der Sennebach und eine kleine Strecke des Emsoberlaufes, nämlich diejenige von der Mündung des Sennebaches (bei Westerwiehe) bis Mose. Die Ems erhielt dieses so fremdartige Element ebenfalls durch Stromverlegung, die sich in dem von Rietberg über Wiedenbrück und Rheda hinziehenden Anleimungsbogen als eine den andern durchaus gleichsinnige Stromverlegung charakterisiert, durch welche dieses dem Lippegebiet ureigene Stromstück an die Lutter — die historische Oberems — angeschweißt wurde.“

Zwischen Jade und Dollart findet sich eine Anzahl kleiner Seen. Es sind, nach der Terminologie Wahnschaffes, echte Grundmoränenseen. „Alle zeichnen sich aus durch ihre große Seichtigkeit und ihre außerordentlich flachen Ufer; sie sind nur 1 bis 2 *m* tief. Im September und Oktober allerdings steigt ihr Wasserstand um $^1/_2$ bis 1 *m*, so daß dann ihre flache, tiefliegende Umgebung ein großes Überschwemmungsgebiet bildet. Die verbesserte Abwässerung sorgt in letzter Zeit stets für baldige Abführung der Wassermassen. Den Grund dieser Seen bildet allenthalben der hellgelbe Decksand, in dem an manchen Stellen Bildungen von Sumpferz (Raseneisenstein) nachzuweisen sind. Characeen, Potamogeton, Elodea canadensis, Zannichellia, Myriophyllum und Batrachium bevölkern gruppenweise die Seen, in denen Chara wälderbildend auftritt. Am Saume sind diese flachen Wasserbecken von einem stattlichen Walde von Phragmites communis, Scirpus maritimus und lacuster, Typha latifolia und hier und da angustifolia umkränzt.“

In der östlichen Hälfte Ostfrieslands finden sich andere ebenfalls sehr seichte, flachufrige Seen. „Zur Sommerzeit sucht sie der Wanderer meist vergebens; sie sind dann ausgetrocknet und gleichen

flachen Wannen von 1 bis 2 *m* Tiefe mit scharfsandigem Grunde. Zur Herbstzeit aber füllen sie sich mit Wasser und sind dann der Tummelplatz zahlloser durchziehender Wasser- und Sumpfvögel. Einige von diesen Seebecken bilden keine Wasseransalmmungen mehr, wie z. B. das mit Nadelholz beforstete Ostermeer bei Bernutsfeld; dennoch erscheinen sie mit bewunderungswürdiger Zählebigkeit auf den Karten immer und immer wieder. Das größte dieser „Meere", wie der Volksmund sie nennt, ist das Brookzeteler Meer, das eine Fläche von über 300 *ha* umfaßt. Ihm reihen sich an das Flachsmeer, Sandmeer und Düvelsmeer bei Wiesens, das Schafmeer und Grasmeer bei Langefeld, das Ostermeer bei Bernutsfeld, die neun kleinen Seen von Negenmeerten, das Hopelser Meer und Mühlenberger Meer bei Hopels, das Wieseder Meer u. a. m. Das zuletzt genannte Wieseder Meer wurde schon in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts trocken gelegt und später besiedelt; der alte Seegrund bildet jetzt den Kulturboden einer aufstrebenden Kolonie."

Das Brookzeteler Meer hat Dr. Bielefeld, als es völlig trocken lag, genauer untersucht. „Die Dünenbildungen, die das ganze Seeufer umkränzen, zeigten ihm deutlich, daß der Decksand hier ein Spiel der Winde geworden war. Der trockene Ostwind ist es gewesen, der dieses sehr flache, kaum über 2 *m* tiefe Becken ausgeblasen hat. Am West- und Nordwestufer hatte man daher Eichen und Kiefern angepflanzt als Sandfänger, um so das Kulturland gegen die verderbliche Bedeckung mit Flugsand zu schützen. Seit dem Baue des Ems-Jadekanales (1882) hat die Wasserfläche des Sees, der sonst kontinuierlich Wasser führte, sehr an Umfange verloren, so daß er schon zeitweise ganz trocken wurde, was namentlich 1904 und 1905 eintraf. Er bildet das sehr flache Sammelbecken seiner nächsten Umgebung, da die undurchlässige Grundmoräne das Wasser nicht in die Tiefe sickern läßt. Bei hohem Wasserstande führt er sein Wasser der Harle zu, die man künstlich durch einen Abzugsgraben, der im September 1905 zum Teile mit Flugsand erfüllt war, mit dem See verbunden hat. Ihre Quelle liegt aber im nordwärts vorgelagerten Moore."

Auch an andern Seen konnte Bielefeld nachweisen, „daß sie auf ganz dieselbe Weise entstanden. Damit ist die Tatsache festgelegt, daß die im Späthvitåglazial an der Ostflanke der hohen Geest liegenden Seen allesamt jugendliche Becken äolischer Ausräumung sind."

Die Veränderungen der Ostseeküste im Kreise Hadersleben bildet den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. G. Wegemann.[1]) Während die Nordseeküste seit alters starken Veränderungen unterworfen ist, findet dieses in überaus viel geringerm Grade an der Ost-

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 193.

seeküste statt. „Daß sie, als bloße Flächenveränderung betrachtet, im Vergleiche zu denen der Nordsee verschwindend sind, hat einerseits seinen Grund in der Höhe des Ostseeufers (10 bis 15 *m* und mehr), während die Nordseemarschen sich wenig über den Meeresspiegel erheben, anderseits in dem Fehlen der Gezeiten und Gezeitenströmungen, sowie in der geringern Häufigkeit und Stärke der Sturmfluten an der Ostseeküste. Die wissenschaftliche wie Tagesliteratur hat sich schon häufig mit obiger Frage beschäftigt, jedoch meist in dem Sinne, daß diese Veränderungen nur ein Verlust an Land seien, daß das Meer langsam landeinwärts vorrücke, eine Meinung, die selbst der Anwohner meist besitzt. Er sieht die nackten, steilen Uferböschungen, die Schutthalden und Schlammströme an ihrem Fuße, die abgestürzten Stücke der Pflanzendecke, Bäume, Sträucher, Staketteile, die noch kurz vorher am obern Rande des Abhanges standen. Er beobachtet oft jedes Jahr, wie die äußerste Ackerfurche, die bei der Saat noch reichlich $^1/_2$ *m* vom Rande entfernt war, zur Zeit der Ernte hart an ihn herangerückt ist. Oft bringt ein unvorsichtiger Tritt die gelösten Erdklumpen ins Rutschen. An dem Breiterwerden des Strandes hat er dagegen wenig Interesse, wo der Strand meist fiskalisch ist. Zudem ist bei dem fortwährend wechselnden Wasserstande kaum eine sichere Kontrolle möglich." Der Zweck der oben genannten Untersuchungen war deshalb die Feststellung des Verhältnisses zwischen Verlust und Gewinn.

Das zum Zwecke der Untersuchung vorhandene Material ist sehr ungleich an Wert, doch standen Dr. Wegemann für den Zeitraum von1790 bis 1875 Karten und Akten der Katastermessungen zur Verfügung, wodurch es ihm möglich wurde, zum ersten Male auch den Landgewinn zu berechnen. Auf die Ursachen der Veränderungen an der Ostküste Schleswig-Holsteins geht er genauer ein.

Über die Veränderungen unserer deutschen Küsten, sowie deren Ursachen bestehen in weiten Kreisen noch sehr irrige Auffassungen: „An der Nordsee wäre danach der Landgewinn (Marschbildung) der gewöhnliche Zustand und der Landverlust nur durch Sturmflut bewirkt, demnach immer nur eine momentane, außergewöhnliche Erscheinung. Dies ist eine ebenso irrige Anschauung, wie sie von den Veränderungen der Ostseeküste verbreitet ist, falls man von solchen überhaupt Kunde hat. Der Besucher unserer deutschen Ostseeküste, ja der Bewohner sogar, wird meist zu derselben Ansicht gelangen, wo das abbrechende, hohe Ufer oft einen imposanten Anblick gewährt. Für die schleswigsche Küste des Kleinen Beltes trifft jedenfalls das Gegenteil zu, wie im folgenden gezeigt werden soll. Hier überwiegt der Landgewinn, der mit künstlichen Mitteln überdies noch erheblich gesteigert werden könnte, z. B. durch Austrocknung mehrerer vom Meere abgetrennter Buchten. Der Landverlust ist aber darum nicht viel geringer als an den übrigen deutschen Ostseeküsten. Die Ursachen der Zerstörung des hohen Ufers sind schon von mehrern Beobachtern meist unvollständig dargestellt worden.

„Da das Ufer," fährt Verfasser fort, „nicht überall, sondern nur an ganz bestimmten Stellen im Abbruche liegt, so sind die allgemeinsten Ursachen geographischer, geologischer Natur. Wo aber die Küste zerstört wird, da ist dies in erster Linie auf die Wirkung der Atmosphärilien und die Tätigkeit des

Meeres zurückzuführen. Von den übrigen Faktoren, die hier und da eine wichtige Rolle spielen können, wird die Arbeit von Mensch und Tier meist zu gering eingeschätzt.

Die allgemeinsten Ursachen des Landverlustes, die geographische Lage des Küstenstriches, sowie seine geologische Beschaffenheit werden in der Regel nicht genug, bzw. gar nicht beachtet. Je stärker die zerstörenden Ursachen, desto größer der Abbruch, der Landverlust. Aber wohl keine Küste verläuft so geradlinig, daß alle Teile gleichmäßig den Wirkungen des Meeres ausgesetzt sind. Ebenso wird selten der geologische Bau desselben Ufers (Material, Schichtung und Neigung des Abhanges) ganz gleichförmig sein. Daher werden auch immer nur einzelne exponierte oder ungünstig gebildete Küstenstriche in dauerndem Abbruche liegen. In solchen Fällen werden auch die gewöhnlichen Mittel, diesem Einhalt zu tun, meist umsonst sein. Aber auch unter diesen exponierten Küsten werden wieder die am wenigsten in Mitleidenschaft gezogen, die aus möglichst festem, homogenem Stoffe bestehen bei kleinstem Neigungswinkel gegen das Meer. Dagegen werden Küstenstriche unter günstigen, geographischen oder geologischen Verhältnissen selbst nach starker Beschädigung infolge einer Sturmflut oder eines Gewitterregens selten in dauernden Abbruch geraten, meist heilen die so geschlagenen Wunden mit der Zeit wieder von selber. Zu den ungünstigen geographischen und geologischen Verhältnissen eines Ufers gehören ein möglichst großes Wasserbecken für die Entwicklung hoher Wellen, Überwiegen der senkrecht auflaufenden Wellen, starke Strömungen und Brandung, lockeres, loses Erdreich (feiner Sand), Schichtung ungleich fester Bodenarten, Schichtenstörung, zu starkes Gefälle der Abhänge, sowie das Fehlen eines genügenden Vorstrandes. Meist genügt schon das Vorhandensein eines der genannten Momente, um ein Ufer fortgesetzter Zerstörung preiszugeben. Oft verändern sich im Laufe der Zeit diese geographisch-geologischen Bedingungen, indem z. B. eine Sturmflut vor einer Küste oder Bucht einen hohen Dünenwall aufhäuft und so den betreffenden Küstenstrich aus seiner exponierten Lage herausrückt, wofür die vorliegende Abhandlung mehrere Beispiele beibringen wird. Die Küsten des Kreises Hadersleben sind durch ihre Lage an dem binnenseeartigen Kleinen Belt, durch ihre ungewöhnlich starke Gliederung, durch vorgelagerte Inseln und Sandbänke, sowie durch ihre homogene Bildung aus festem Geschiebemergel im allgemeinen wohl begünstigt im Vergleiche zur übrigen deutschen Ostseeküste.

Ist das hohe Ufer (Klint) erst beschädigt, so sind es, wie oben schon angedeutet, zwei allgemein sich zeigende Faktoren der Zerstörung, Arbeit der Atmosphärilien und Tätigkeit des Meeres. Was erstere angeht, so sind wieder der oberflächlich abfließende Regen und Schmelzwasser an erster Stelle zu nennen. Wirksamer ist allerdings das einsickernde Wasser, welches die obere aus wasserdurchlässigem, sandigem Lehme bestehende Decke durchdringend, erst etwas tiefer am Hange hervorquillt, so daß seine untere Hälfte feucht erscheint.

Für die steilen Geschiebemergelklinte kommt sodann der Frost als eine wesentliche Ursache des Abbruches in Frage, besonders wo der Mergel stark zerklüftet oder steil aufgerichtet ist und eine Art Druckschichtung aufweist. Größere und kleinere Blöcke werden aus ihrem Verbande gelöst, und meist schon zu Beginn der Schneeschmelze rutschen sie den Abhang hinunter, um an seinem Fuße alsbald vom Meere zerkleinert und fortgespült zu werden. Die Geschiebemergelwände bekommen aber durch diese Abbröcklung meist ein groteskes, klippenartiges Äußere, so daß die höhern Klinte zum Teile Gebirgscharakter tragen können.

Aber auch indirekt schädigt der Frost die Küsten der Buchten, besonders die, die sich mit einer Eisdecke überziehen, indem durch Eisgang oft die weniger exponierten Abhänge in den Winkeln der Buchten wieder beschädigt werden, die im allgemeinen der zerstörenden Wirkung des Meeres entzogen sind. Auch andere Treibkörper können bei Sturmfluten durch wiederholtes Aufschlagen

die Abhänge zerstören, bzw. Abstürze veranlassen. An der buchtenreichen, nordschleswigschen Küste spielt dies Moment bei der Zerstörung des hohen Ufers stellenweise eine bedeutende Rolle.

An Dünenküsten wirkt auch die Kraft des Windes mit an der Zerstörung der Küste, indem dieser den vom Meere aufgehäuften Sand oft mehrere Kilometer landeinwärts verweht, die Düne als Ganzes aber langsam vom Meere ab wandern läßt, wodurch nicht selten fruchtbares Land verschüttet wird. An der Küste des Haderslebener Kreises sind derart hervorgerufene Landverluste an mehrern Stellen, besonders an der Küste der Gemeinde Örby, nachweisbar.

Die direkte Mitarbeit des Meeres an der Zerstörung des hohen Ufers selber ist in der Regel nur bei Sturmfluten bedeutend, wo die brandenden Wogen besonders an Steilabhängen gewaltigen Schaden durch Unterwaschung anrichten. In wenigen Stunden wird dann ein größerer Schaden angerichtet als durch die stille Arbeit der Atmosphärilien und Wellen in einem Jahrzehnte. Dabei spielt der geologische Aufbau der Küste eine wesentliche Rolle, indem Einlagerungen von Sand oder Kies in Schichten oder Nestern leicht fortgewaschen, werden und die entstandenen Höhlen die Lehmwand sehr gefährden. Nach jeder Sturmflut kann man längs der ganzen Küste oft sehr bedeutende Einstürze beobachten, besonders wo das hohe Ufer von einem Walde gekrönt wird. Auch die sanftgeböschten, mit Geröll, Schutt und Schlamm bedeckten Abhänge haben arg zu leiden, indem die rücklaufende Welle das abgebröckelte Material auseinanderwäscht und gänzlich wegspült, so daß schließlich die senkrechte Wand wiederhergestellt ist. So werden durch eine Sturmflut oft alle Verhältnisse umgekehrt, dadurch, daß die Steilufer durch Unterwaschung zum Einsturze gebracht werden und sanfte Böschungen erhalten, während an den Abhängen durch Fortschwemmen der Schutthalden wieder Steilufer entstehen.

Von andern zerstörenden Tätigkeiten des Meeres ist noch der Verlust von gutem Boden durch Überspülung von Sand und Geröllen zu erwähnen, wie er an niedrigen Ufern nicht selten vorkommt, besonders wo eine Düne gegen das gewöhnliche Hochwasser schützt. Hierbei geht zwar kein Landareal direkt verloren, dagegen ist der Effekt derselbe, wenn z. B. ein Acker zweiter Güte durch Bedeckung mit Sand und Geröllen in einen solchen vierter Güte verwandelt wird, als ob ein der Wertverminderung entsprechendes Stück abgeschwemmt ist. Auch hierfür bietet die nordschleswigsche Ostseeküste eine Reihe von Beispielen.

Mensch und Tier helfen in manchen Fällen an der Zerstörung mit. Ihre Mitwirkung wird in der Regel zu niedrig eingeschätzt. Doch ist diese Ursache nur an wenigen Punkten wirksam, so daß die hierdurch veranlaßte Zerstörung des Steilufers geringfügig ist gegen die infolge Raubbaues von Steinen, Sand, Kies, Lehm und Mergel hervorgerufenen. Die Entnahme der genannten Materialien an dem Strande ist zwar streng untersagt. Doch fehlt selbst den Küstenbewohnern meist die Vorstellung davon, daß sie durch Wegnahme von Materialien am Strande dem Meere und den Atmosphärilien bei der Zerstörung stark in die Hände arbeiten. Auf der Insel Aarö ist dadurch ein beträchtlicher Landverlust entstanden, daß ein Torfmoor bis unter den Wasserspiegel ausgegraben worden. Bei der großen Sturmflut 1872 ist es dann voll gelaufen. Auf diese Weise sind mehrere Hektar Land jetzt dem Meere angegliedert.

Hier und da ist auch die Tätigkeit der Tiere geeignet, der Zerstörung der Küste vorzuarbeiten, wie z. B. auf der Insel Linderum, die von Ratten so stark durchwühlt wird, daß deren Arbeit von Bedeutung wird. An den entlegenen Geschiebemergelwänden des Festlandes, sowie der Insel Aarö wirken außer Ratten auch Mäuse und Uferschwalben an der Lockerung des Bodens."

Die mährischen Karsttäler. Prof. R. Trampler veröffentlichte hierüber eine interessante Studie.[1]) Das mährische Karstgebiet ist

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1907. p. 1 ff.

auf die Mittelstufe der Devonformation beschränkt und bedeckt die nur kleine Fläche von 100 *qkm*. Das ganze Devongebiet war und ist zum Teile noch heute von jurassischen Gebilden und von solchen der Kreideformation überlagert, beide aber sind von den meteorischen Gewässern derart abgetragen, daß sich nur mehr Reste davon vorfinden. Das gilt vornehmlich von der Kreide, deren Repräsentant, Cenoman (Unterer Quader), in drei sehr kleinen Partien auf dem Rudlitzer Plateau und südlich davon konstatiert ist. Von den jurassischen Gebilden nimmt das Obere Oxfordien die größte Fläche ein, während sich das untere Oxfordien auf Partien im äußersten Westen, hart an der Grenze des Syenitgebietes bei Olomutschan, beschränkt. Daß sich diese Gebilde überhaupt erhalten haben, erklärt sich daraus, daß sie zumeist in den Dolinen eingelagert sind, daher nicht denudiert werden konnten.

Aus dieser kurzen Skizze der geologischen Verhältnisse des mährischen Karstgebietes und bei der verhältnismäßig sehr geringen Ausdehnung desselben ergibt sich, daß die Täler, welche das Devongebiet durchsetzen, eine sehr kurze Längenerstreckung haben müssen, und daß alle Täler als normal gebildete aus dem Kulm in das Karstgebiet ein- und nach dem Verlassen desselben in den Syenit übertreten, mit Ausnahme eines, des sogenannten Hadeker Tales, welches wieder in die Kulmformation und nach kurzer Strecke in diluviale Ablagerungen übergeht.

Die mährischen Karsttäler sind im Vergleiche mit den südeuropäischen sehr klein, alle morphologischen Erscheinungen, aus denen sich das Karstphänomen zusammensetzt, treten in Mähren in verjüngtem Maßstabe auf, so daß es fast den Anschein hat, als ob der geringere Umfang des mährischen Karstgebietes die Entwicklung der einzelnen Karstformen beeinträchtigt hätte.

Eigentümlich ist allen mährischen Karsttälern, daß sich dort, wo sie aus der Kulmformation in das Devongebiet übertreten, größere Becken vorfinden, und der Mangel an Quertälern. Dieser ist umso auffallender, als zwischen den einzelnen Tälern verhältnismäßig ausgedehnte Hochebenen liegen, so zwischen dem „Öden“ und „Dürren“ Tale und zwischem diesem und dem Laschaneker eine solche von je 3 *km*, zwischen letzterm und dem Jedownitzer von fast 2 *km*, zwischen diesem und dem Kiriteiner eine solche von 5 *km* und schließlich zwischen diesen und dem Hadeker Tale eine solche von 5 *km*. In einem impermeabeln Gesteine dagegen finden sich auf solche Entfernungen Quertäler weitaus häufiger.

Die Hochebenen, welche die einzelnen Täler trennen, sind sehr reich an Dolinen. Diese sind aber, wie Prof. Trampler durch mehrfache Grabungen nachgewiesen hat, die oberflächlichen trichterförmigen Öffnungen von Schloten, die im ganzen Karstgebiete zu den unterirdischen Wasserläufen hinabführen. Die nicht unbeträchtlichen Niederschläge finden daher durch die Dolinen und

nicht oberflächlich ihren Abfluß; eine Erosion, d. i. eine Talbildung, ist infolgedessen einfach unmöglich. Quertäler können nicht entstehen.

Alle mährischen Karsttäler sind entweder permanent oder periodisch trockene Täler. Die meisten haben (das „Öde" und „Dürre" Tal ausgenommen) keinen schluchtartigen Charakter, sondern sind sehr breit ausgewaschen; endlich haben — von ganz kurzen Strecken abgesehen — alle ein gleichsinniges Gefälle. Dagegen sind die sogenannten Sacktäler, wie sie J. Cvijić für den südeuropäischen Karst charakterisiert, dem mährischen vollkommen fremd. Wohl treten die unterirdischen Gewässer auch hier am Fuße meist steiler Felswände mitten im Karstgebiete ans Tageslicht, aber diese gehören nicht einem obern Talschlusse, sondern entweder der linken oder rechten Böschung des Tales an, das sich im übrigen an der Stelle, wo das unterirdische Gewässer heraustritt, nicht im geringsten von dem allgemeinen Charakter des betreffenden Tales unterscheidet.

Die in historischer Zeit erfolgten Bergstürze in Bayern hat Dr. J. Reindl registriert.[1]) Einer der größten Bergstürze in Bayern war wohl jener, der durch sein Material den Obersee von dem jetzigen Königssee trennte. Diese Katastrophe soll im Jahre 1117 stattgefunden haben. Ob diese Zeitangabe urkundlich belegt werden kann, dürfte ziemlich zweifelhaft sein; dagegen möchte die Annahme, daß das Ereignis in der historischen Zeit eintrat, weniger Bedenken begegnen.

Ein sehr bedeutender Erdschlipf fand am 22. Februar 1625 zwischen Gasseldorf und Ebermannstadt statt.

Zahlreich sind die Berichte über Bergstürze im 19. Jahrhundert. Im Jahre 1809 ereignete sich ein größerer Bergrutsch am Haselberge bei Ebermannstadt, 1831 ein solcher am Krapfelberge unweit Krapfelberg. Bedeutender noch war der im Jahre 1851 bei Bannenburg stattgefundene Bergsturz. Der Bergsturz erfolgt hier ganz ebenso wie unter gleichen geologischen Verhältnissen jenseits des Inn bei Kirchwald, nur daß die minder steile Schichtenlage ihn dort in viel größerm Maße eintreten läßt. Den großen Abbruch, der 1851 stattfand, berechnet man auf erheblich über 1 000 000 *cbm*; derselbe hat durch Aufstauung des Kirchbaches, welche große murenartige Ausbrüche veranlaßte, nicht geringen Schaden an Feldern und Wiesen und in geringem Maße auch an Häusern der Brannenburger Gemarkung angerichtet; da er glücklicherweise nicht plötzlich, sondern innerhalb drei Tagen stückweise stattfand, so war es möglich, manches zu retten, und überhaupt wurde die Katastrophe in ihrer Wirkung dadurch abgeschwächt.

Im Jahre 1853 fanden zahlreiche Bergschlipfe im Raintale (Zugspitzgebiet) statt.

[1]) Potoniés Wochenschr. 1907. p. 377.

Am 3. Oktober 1872 weilte Prinz Luitpold mit seinen Jagdgästen im Oytal nahe dem Stuibenfalle. Da ging plötzlich von den Hängen des Himmelhornes ein Felssturz nieder und schleuderte seine furchtbaren Geschosse bis zur erschreckten Jagdgesellschaft, die nur knapp dem Verderben entrann.

Ganz besonders brüchig ist das Gestein an der Urbeleskarspitze in der Hornbachkette. Im Jahre 1881 brach der ganze Gipfel zusammen und stürzte in das Kar hinab. Der letzte Felssturz erfolgte hier im Jahre 1882, wobei zimmerhohe Blöcke herabgewälzt wurden, die ein schönes Wäldchen völlig vernichteten.

Ein großer Felssturz erfolgte ferner 1885 im Berchtesgadener Land.

1892 fand im Allgäu ein Bergsturz statt. Die Ursache des Schlipfes ist in einer mehrere Meter mächtigen, damals stark mit Wasser durchtränkten Mergelbank, aus graulichen und roten Mergeln bestehend, zu suchen, auf welcher die mit 50° gegen Süden einfallenden Nagelfluhen und Sandsteine abgerutscht sind.

Ebenso blickt man im Hintersteiner Tale, nahe bei dem „Rauhen Wege“, die Zeugen des Felssturzes, der im Jahre 1902 niedergegangen ist. — Im gleichen Sommer (1902) brachen von der Rotspitze ansehnliche Felsmassen ins Rettenschwanger Tal nieder.

Zahlreiche Bergschlipfe kommen im Flyschgesteine bei Schlier- und Tegernsee vor, namentlich am Gschwendtner- und Abwinkelberge und am Westabhange des Kreuzbergköpfels. Im Jahre 1903 war ein besonders großer Bergrutsch im Flyschgebiete des benachbarten Schliersees, worüber alle größern Tageszeitungen berichteten.

Ein tönender Berg. J. A. Spring berichtet hierüber folgendes[1]: Der westlichen Seite der Stadt Hermosillo, der Hauptstadt des mexikanischen Staates Sonora entlang, verläuft die lange, enge Carmelstraße, so genannt nach der an ihrem südlichen Ende gelegenen Carmelkirche. Unmittelbar an der der Stadt abgekehrten Seite erhebt sich ein Felshügel, dessen höchste Spitze um etwa 200 *m* die Umgebung überragt. Diese Felsmasse ist wohl das Resultat alter vulkanischer Tätigkeit, da alle ihre Bestandteile die Eigenschaften aller Lavagesteine aufweisen. Nichts wächst auf diesem Berglein, ausgenommen hier und da spärliches Gebüsch oder Gras in einer Felsspalte, wo die Verwitterung des Gesteines etwas Erdreich geschaffen, und der Wind oder ein Vogel einige Samenbeeren hingebracht haben mögen. Die Oberfläche besonders des obern Teiles des Berges ist vielfach durch Höhlen, Klüfte und Spalten unterbrochen, neben denen sich zackige Spitzen und Steine von allen Größen und Formen befinden.

[1]) Globus 91. Nr. 6. p. 95.

Dieser Felsenhügel ist im ganzen Lande unter dem Namen „el cerro de las campanas“ (der Glocken) bekannt, weil zu gewissen Zeiten, scheinbar aus seinem Innern, langgezogene Töne, die oft eine schöne Harmonie bilden, herauskommen. Je nach der Richtung der herrschenden Winde verändern sich die Töne in ihrer Stärke und Klangfarbe. Bald scheinen sie das Geläute ferner Glocken zu sein, bald Orgeltöne in ziemlicher Nähe; bei sehr schwachem Winde wird der aufmerksame Lauscher unwillkürlich an leises Flötenspiel erinnert. Bei gänzlicher Windstille bleibt der Berg stumm.

Trotz ernster Mühe und endlosen Befragens der Einwohner war es Spring unmöglich, die Ursache dieser merkwürdigen Naturerscheinung zu ermitteln. Die Besteigung des Berges allein ist zwar leicht genug, aber das Herumklettern in den unzähligen Klüften und Spalten in der Suche nach einem unfaßlichen Problem ist höchst anstrengend, besonders während der dortigen Sommerhitze. Auch fehlte ihm dazu die Zeit.

Indessen fand Spring einen alten Indianer und ließ sich von diesem eine Sage erzählen, welche das Tönen mit einem Morde in Verbindung bringt. Er selbst glaubt, daß an dem Hügel irgendwo am Eingange einer Höhle oder einer Kluft oder in einem durchlöcherten Felsen eine gigantische natürliche Flöte besteht, die je nach der Richtung und Stärke des Windes die auf andere Art nicht erklärlichen Töne hervorbringt.

Die spanische Sierra Nevada. A. Benrath schildert die Eindrücke, die er bei einem Besuche dieses Hochgebirges von demselben erhalten hat.[1]) „Die sich südöstlich von Granada gleich einer gigantischen Mauer erhebende Sierra Nevada gehört wohl zu den eigenartigsten Kettengebirgen Europas. Der etwa 3000 *m* hohe Kamm wird von einigen Gipfeln wenig überragt, unter denen der Mulhacen (3481 *m*) der höchste, der Picacho de Veleta (3398 *m*) der aussichtsreichste, die Alcazaba (3314 *m*) der am schönsten geformte ist. Dem ungefähr von Osten nach Westen verlaufenden aus Glimmerschiefer bestehenden Zentralmassiv sind rings aus Triaskalk und jüngern Gesteinen bestehende Schichten vorgelagert. Die Flüsse, die fast alle am Zentralkamme entspringen, durchschneiden, von dort aus strahlenförmig nach allen Richtungen fließend, den Gebirgsstock in zahlreiche Bergrücken, welche Lomas genannt werden. Schön geformte Kalkberge, die für die Alpen so charakteristisch sind, fehlen fast völlig. Eine Ausnahme bildet der nahe bei Granada gelegene Cerro Trevenque, ein prachtvoller nach allen Seiten steil abfallender Kegel. Die breiten Talböden beim Austritte der Flüsse aus dem Gebirge sind reich besiedelt und bebaut. Die Flüsse sind so wasserreich, daß im Norden die Vega von Granada durch den Genil und den

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschr. 1907. p. 121.

Monachil, im Süden diejenige von Motril durch den Guadalfeo bewässert wird, nachdem schon die Talböden dieser Flüsse in Gärten von fast tropischer Üppigkeit verwandelt worden sind. Dorf reiht sich an Dorf, und besonders die südlichen, Alpujarras genannten Täler weisen eine hohe Bevölkerungszahl auf. Weiter oberhalb aber, wo die Täler eng werden, und die künstliche Bewässerung aufhört, liegen nur noch einzelne von kleinen Feldern umgebene Bauernhöfe, in denen Viehzucht betrieben wird. Während die an den Abhängen wachsenden aromatischen Kräuter für Rindvieh eine wenig geeignete Nahrung sind, weiden Schafe und Ziegen sie als Leckerbissen ab, im Sommer bis auf die höchsten Gipfel emporsteigend.

Die Flora der Sierra Nevada ist pflanzengeographisch sehr interessant. Wie in keinem andern europäischen Hochgebirge haben dort die Gewächse mit ihrem schlimmsten Feinde, der Trockenheit, zu kämpfen, was sie zu den eigenartigsten Anpassungen zwingt.

Am leichtesten zugänglich ist dieses Gebirge von Granada aus. Da die vom Zentralmassiv nach allen Seiten ausgehenden Bergrücken fast gar nicht von tiefen Quertälern durchschnitten sind, so kann man auf ihrem Kamme leicht zu den höchsten Gipfeln gelangen. Diese Kammwege gehen ja viel bergauf, bergab, aber sie haben vor den Talwegen den Vorzug, daß man zum Schlusse die starke Steigung vermeidet, die sich stets im Quellengebiete des Baches findet. Fast alle Saumpfade sind solche Kammwege, unter andern auch der „Schneeweg", auf dem früher die Maultiertreiber Schnee aus dem Gebirge holten zur Herstellung kalter Getränke in Granada. Seit der Verwendung künstlichen Eises hat dieser Erwerbszweig stark gelitten, wenn er auch noch nicht völlig verschwunden ist."

Infolge seiner Wasserarmut weist das Gebirge kaum einen der Reize auf, welche uns in den Alpen entzücken, man fühlt sich vielmehr in ein wasserarmes, tropisches Hochgebirge versetzt.

Die Halbinsel Shan-tung. Im Jahre 1903 wurde von der Carnegie-Institution in Washington eine Forschungsexpedition nach China entsandt, die unter Führung des Geologen Bailey Willis stand, und an der E. Blackwelder und H. Sargent teilnahmen. Diese Expedition hat bis zum Juni 1904 ihre Aufgabe gelöst, und die Ergebnisse werden in einem fünfbändigen Werke veröffentlicht. Von diesem liegt Band I vor, und Dr. Alfred Rühl hat daraus eine Darstellung der auf die Provinz Shan-tung bezüglichen Angaben gegeben.[1]) Derselben ist nachfolgendes entnommen.

Die Halbinsel Shan-tung besitzt in der Richtung von Nordosten nach Südwesten eine Länge von etwa 580 *km* und eine Breite, die zwischen 80 und 200 *km* schwankt. Im Osten bildet das Meer, das

[1]) Petermanns Mitt. 1907 p. 217.

oftmals tief in das Land eingreift, die Grenze, während sich im Westen die große Ebene des Huang-ho ausdehnt, die sich nur wenig über den Meeresspiegel erhebt. So fällt die lange und schmale gebirgige Halbinsel nach allen Seiten hin direkt zur Erosionsbasis ab.

Als ein Gebirgland besitzt Shan-tung seine Eigenart in der Ausdehnung und Anordnung der Täler. Tiefländer greifen weit in das Land, selbst in die Gebirgsregionen hinein, die Flüsse mäandern oft schon von der Quelle an durch breite Niederungen dahin. Die Berge treten meist einzeln oder in Gruppen auf, nur ganz ausnahmsweise trifft man sie in Ketten angeordnet. Ihre Höhe ist außerordentlich verschieden, nicht nur in den einzelnen Teilen der Halbinsel, sondern selbst in einem und demselben Gebiete. Der höchste Punkt, der T'ai-shan, mit einer Höhe von 1500 *m* ist nur 48 *km* vom Huang-ho entfernt und erhebt sich steil aus dem offenen Tale des Wön-ho.

Die große Tiefebene des Huang-ho setzt sich aus Löß zusammen, der von dem Flusse herstammt und in den Niederungen, die die westlichen Abhänge des Gebirges umgeben, abgelagert wurde. Bis zum Jahre 1862 floß der Strom im Süden der Halbinsel. Diese Änderung seines Laufes, die ihn um 400 *km* nach Norden verschoben hat, ist typisch für die Wanderungen des Flusses in früherer Zeit und zeigt die Art, wie er seine Alluvionen über die großen Ebenen des östlichen China ausgebreitet hat. In derselben Weise wie der Huang-ho haben auch die Flüsse, die von den Gebirgen Shan-tungs herkommen und sich in das Gelbe Meer ergießen, wie der I-ho und Wön-ho, Alluvialebenen aufgebaut, die mit der des Huang-ho zusammengewachsen sind.

Zusammenhängende Gebirgsketten sind in Shan-tung selten, doch gibt es immerhin einige wenige Gebirge, die in Zügen angeordnet sind und auch genetisch miteinander in Verbindung zu stehen scheinen. Eine solche Kette zieht im Norden des Wön-ho-Tales, die nach ihrer höchsten Erhebung, dem T'ai-shan, die T'ai-shan-Kette genannt wird. Eine andere liegt im Südosten des Siau-wön-ho und Tung-wön-ho und hat von v. Richthofen den Namen Shi-mön-shan und Kiu-nü-shan erhalten. Diese Gebirgszüge, die etwa die nordwestliche und südwestliche Grenze des Gebirgslandes überhaupt bezeichnen, schließen einen Winkel ein, innerhalb dessen die Anordnung der Höhen eine weit weniger regelmäßige ist. Im allgemeinen zeigen die Gebirge wilde und malerische Formen. Wie sie aber in ihrer Zusammensetzung außerordentlich verschieden sind, indem einzelne aus Granit oder Gneis, andere aus Sedimentärgesteinen bestehen, so weisen sie auch in den Einzelheiten große Mannigfaltigkeit auf.

Die zentrale Gebirgsregion von Shan-tung ist von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt, die die verschiedenen Formationen des Gebietes durchsetzen und der Gegend einen gebirgigen Charakter gegeben haben. Aus physiogeographischen Gründen hat man diesen

Verwerfungen ein spätkretazeisches oder eozänes Alter zuzuschreiben.

Daß die Hauptzüge der Oberflächengestaltung durch die Verwerfungen bestimmt werden, ist nirgends so deutlich als an den Stellen, wo die Dislokationen ein verhältnismäßig jugendliches Alter besitzen. Während der Bildung der Verwerfungen entstanden wahrscheinlich Bruchstufen von beträchtlicher Höhe, wie wir sie noch jetzt in Shan-si und Shen-si beobachten können; gegenwärtig sind sie jedoch so weit zurückgeschritten, daß die Verwerfungen weitab vom Tale liegen, so daß eigentliche Stufen nicht mehr vorhanden sind. Wo durch die Verwerfungen harter Kalkstein mit weniger widerstandsfähigen Schiefern oder Gneisen in Berührung kam, trifft man häufig auf dem abgesenkten Flügel den Kalkstein in der Form eines Rückens, während sich auf der gehobenen Seite ein kleines Tal entwickelt hat.

In einem Stromsysteme, das die ursprünglichen Beziehungen zu den Verwerfungen noch deutlich aufweist, sollte man eine Reihe von Flüssen erwarten, deren Lauf mit den Verwerfungen längs des abgesenkten Flügels parallel geht; dort mußten sie die Verwerfungen kreuzen oder um sie herumfließen, wo diese nur geringe Höhenunterschiede hervorgerufen haben. Diesen Bedingungen entspricht jedoch nur der Hauptfluß von Shan-tung. Da die kleinern Flüsse meist konsequent sind, indem sie von dem gehobenen zum gesenkten Flügel fließen, queren sie die Dislokationen in rechtem Winkel und häufig an Punkten, wo die Sprunghöhe der Verwerfung eine ziemlich bedeutende ist. Es ist dies eine Wirkung des starken Rückschreitens der Bruchstufen. Die Abbrüche werden durch Schluchten, die sich in rechtem Winkel zur Verwerfung bilden, und die vermöge des starken Gefälles sehr rasch sich in das Gebirge hineingraben, mehr oder weniger tief zerschnitten. Da sie den kürzesten Weg nehmen, so sind sie gegenüber den Flüssen, die parallel zu den Verwerfungen fließen, im Vorteile. Anzapfung und Ablenkung anderer Flüsse sind die natürliche Folge, und die Wasserscheiden bilden sich demgemäß zwischen den größern Talsenkungen an den Stellen, wo die von beiden Seiten rückschreitende Erosion sich das Gleichgewicht hält.

Alaska wurde in einem großen Werke von Alfred H. Brooks geschildert. Dr. A. Rühl gab daraus einen Auszug.[1]) Der Flächeninhalt Alaskas beträgt hiernach 938 240 *qkm*. Orographisch kann man das Land in vier natürliche Gebiete einteilen: das pazifische Gebirgssystem, das Zentralplateau, das Rocky Mountainsystem und das arktische Gebiet. Zum erstern gehören die Gebirgsmassen, welche St. Elias Range genannt werden. In der Nähe des Cross

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 1 ff.

Sound erheben sich einzelne Gipfel direkt vom Meeresspiegel bis zu Höhen von 4500 *m* empor, nach Westen hin nimmt die Höhenentwicklung des Gebirges immer mehr zu, um im Mount St. Elias und Mount Logan mit 5400 und 5900 *m* die größte Höhe zu erreichen. Der Gebirgsfuß liegt hier nur 30 bis 50 *km* von der Küste entfernt, und der Zwischenraum zwischen ihm und dem Meere wird von einer Reihe kleinerer Hügelketten oder einer flach sich neigenden Küstenebene eingenommen.

Im Norden und Westen der rauhen, schneebedeckten Pazifischen Kette ändert sich das landschaftliche Bild völlig. Ein welliges Plateau, durchfurcht von tief eingeschnittenen Stromläufen, mit breiten Tälern und Niederungen, über das nur vereinzelt einige Berggipfel emporragen, erstreckt sich in einer durchschnittlichen Breite von 300 *km* zwischen dem pazifischen Gebirgssysteme und den Rocky Mountains. In Britisch-Columbia ist eine solche scharfe Grenze nicht vorhanden, da die beiden topographischen Regionen hier ganz allmählich ineinander übergehen, während z. B. längs der Nordseite der St. Elias Range die ebene, grasreiche Hochfläche direkt an das rauhe, schneebedeckte Gebirge anstößt. Dagegen hat Dawson aus jenem Gebiete Gebirgsketten, die unter dem Namen Gold Ranges zusammengefaßt werden, beschrieben, die jedoch bei etwa 60° Norden ihr Ende erreichen, wenn sich auch weiterhin einzelne Spitzen 600 *m* hoch über das Plateau erheben; größere Gebirgszüge existieren in der Zentralplateauregion nicht mehr.

Das Rocky Mountainsystem, das sich nordwärts an das Zentralplateau anschließt, ist noch wenig erforscht. Der nördliche Abfall der Rocky Mountains steigt in der Nähe der internationalen Grenze direkt vom Meere empor und läßt nur einer ganz schmalen Küstenzone Raum. Nach Westen hin tritt aber das Gebirge immer mehr von der Küste zurück, so daß sich hier eine breite Küstenzone entwickeln kann. Sie bildet als Region der arktischen Abdachung die vierte der großen natürlichen Provinzen, in die Alaska zerfällt, und entspricht in physiographischer Hinsicht den Great Plains der Vereinigten Staaten.

Da Flußsystem Alaskas ist besser bekannt als das Gebirgsland. Der größte Fluß ist der Yukon mit 3600 *km* Stromentwicklung und einem Entwässerungsgebiete von etwa 900 000 *qkm*. Er verschafft den bequemsten Zugang zu den weiten Gebirgsregionen des Innern, und er war stets sowohl für die Eingeborenen wie für die Weißen von der größten Wichtigkeit, da er sich im Sommer auf Booten, im Winter auf Schlitten leicht befahren läßt und vermöge seines großen Fischreichtumes den Menschen auch mit Nahrung versehen konnte. So kann man sagen, daß alle Ansiedlungen der eingeborenen Bevölkerung und der Weißen nur durch den Yukon ermöglicht wurden. Seine Quelle liegt in Kanada, und über die Hälfte seines Flußgebietes gehört überhaupt nicht zu Alaska. Der eigentliche

Strom entsteht aus der Vereinigung zweier Flüsse, des Lewis und Pelly River. Der erstere, der reich an Zuflüssen ist, hat seinen Ursprung in einem See an der nördlichen Seite der Coast Range, nur 40 *km* vom Lynnkanal entfernt, und fließt in seinem Oberlaufe durch eine Kette von Seen, die er in engen, steilen Tälern miteinander verbindet. In seinem Unterlaufe fließt er träge dahin, teilt sich oftmals in verschiedene Arme und bildet Flußinseln und ausgedehnte Sümpfe. Wie dieser Quellfluß des Yukon, kommt auch der Pelly River in etwa 61° Norden aus einem See. Bei Selkirk in etwa 63° Norden, noch auf kanadischem Gebiete, vereinigen sich beide Flüsse zu dem eigentlichen Yukon, dessen Stromgebiet von hier ab in vier Teile zerfällt: den obern Yukon, die Yukonniederungen, die das große Tiefland des mittlern Laufes umfassen, die Rampartregion bis zur Einmündung des Tanana River und schließlich den untern Yukon. Der obere Yukon, dessen Tal 400 bis 1000 *m* tief in das Plateau eingeschnitten ist, empfängt von Süden her den White River und nicht weit von der Mündung dieses Flusses von Norden den großen Stewart River, der in den noch unerforschten Regionen, welche die pazifisch-arktische Wasserscheide bilden, entspringt. Ebenfalls von rechts, wenig oberhalb der internationalen Grenze, trifft den Yukon der Klondyke River, dessen Name ja weltbekannt geworden ist. Der Name wird aber meist zu Unrecht für das große Grenzgebiet Alaskas und Kanadas verwendet, während die ganze Klondykeregion nur wenige Hundert Quadratkilometer umfaßt. Die reichen Goldlager finden sich in den Flußgebieten des Klondyke und Indian River, eines ganz unbedeutenden Nebenflusses des Yukon. Das Gebiet, das noch in seiner ganzen Ausdehnung zu Kanada gehört, stellt ein hoch gelegenes Plateau dar, das nach allen Richtungen hin von tiefen und weit verzweigten Talschluchten durchschnitten ist. Die Täler sind aber nur in ihrem obern Teile steil, im untern ist die Talsohle meist sehr breit und eben, oft sumpfig und zum Teile bewaldet. Unterhalb des Fortymile Creek beginnen die „Yukon Flats“, große, 300 *km* lange Niederungen, die den mittlern Yukon in eine Breite von 60 bis 150 *km* umgeben. Der Strom nimmt hier eine ganze Reihe von Nebenflüssen auf, unter denen der Porcupine River weitaus der bedeutendste ist. Dieser entspringt bei 65° 30′ Norden, nicht sehr weit vom Yukon entfernt und nimmt zunächst einen nordöstlichen Lauf, um dann sich nach Westen zu wenden und den Yukon in mehrern Armen zu erreichen. Der Yukon selbst tritt, nachdem er noch den Chandlar River aufgenommen hat, bei etwa 66° Norden in die Rampartregion, den malerischsten Teil seines ganzen Laufes, ein. Dieses Hochland durchquert er in einem sehr engen, nur wenig gewundenen Tale, dessen Gehänge als senkrechte Wände aufsteigen und nur selten die Ausbildung schmaler Terrassen ermöglichen. Die Rampartregion, die nur eine Länge von 200 *km* besitzt, endigt bei der Einmündung des Tanana River,

wo ein schroffer Wechsel der Talszenerie eintritt. Der Tanana River ist der größte Zufluß, den der Yukon überhaupt empfängt. Während dieser von Süden herkommt, ergießt sich von Norden her noch ein zweiter größerer Fluß in den Yukon, der Koyukuk River. Der Yukon fließt in seinem Unterlaufe zunächst in westlicher Richtung und biegt dann schließlich wieder nach Nordwesten um. 150 *km* oberhalb seines großen Deltas erweitert sich das südliche Talgehänge zu einer Küstenebene, deren Einförmigkeit nur durch ganz vereinzelte Hügel unterbrochen wird. Der Strom teilt sich in mehrere Arme, von denen der nördlichste Apoonpaß, der südlichste Kwikluakpaß heißt. Das Zwischenstromland, wo der Fluß andauernd seinen Lauf ändert, und in dem auch einige seiner Kanäle blind endigen, ist sumpfig und von unzähligen kleinen Seen erfüllt. Wenn auch der Yukon in seinem Unterlaufe sehr schlammreich ist, so ist er doch oberhalb der großen Niederungen weit mehr mit Sedimenten beladen als unterhalb, da er während seines trägen Laufes durch dieses Gebiet einen großen Teil seiner Sand- und Schlammassen zur Ablagerung bringt.

Die Flüsse, die dem arktischen Entwässerungsgebiete Alaskas angehören, können in zwei Gruppen geschieden werden, solche, die dem Kotzebuesund zufließen, und solche, die nördlich direkt ins Meer strömen. Im Osten von Point Barrow, wo das eigentliche arktische Flußsystem beginnt, wird die Region der arktischen Abdachung von drei bedeutendern Strömen durchzogen, dem Meade, Chipp und Colville River; daneben fließt noch eine ganze Reihe kleinerer unerforschter Flüsse, die oft noch gar keinen Namen besitzen, trägen Laufes der Küste zu. Aber auch von den genannten längern Wasserläufen ist in der Regel außer ihrem allgemeinen Verlaufe fast nichts bekannt.

Die voreinstige Vergletscherung Alaskas war eine sehr bedeutende, und es ist vielfach die Meinung verbreitet, als ob Alaska auch jetzt noch fast in seiner ganzen Ausdehnung in Schnee und Eis gehüllt ist. In Wirklichkeit sind dagegen die Gletscher und Schneefelder heute beinahe ganz auf die Pacific Mountains beschränkt, und Gilbert schätzt ihr Areal auf etwa 40 bis 50 000 *qkm*. Wenn er aber behauptet, daß sich ausschließlich in diesem Gebirge Gletscher finden, so ist dies nicht richtig. Denn Schrader berichtet von einem Gletscher in den Endicott Mountains, aus dem Flußgebiete des John River, und im Nordosten von diesem sind nach Aussage verschiedener Prospektoren Gletscher vorhanden. Unbedeutende Überreste von Gletschereis weisen auch die Kigluaik Mountains auf der Sewardhalbinsel und ebenso nach den Angaben von Spurr die Ahklun Mountains in der Nähe des Beringmeeres auf. Die großen Gletscher liegen an der Seeseite der pazifischen Küstenketten, wo sie von den gewaltigen Schneefeldern gespeist werden, die wiederum ihren Ursprung in den reichen Niederschlägen der feuchten ozeanischen

Winde haben. Viele von ihnen reichen tief hinab und ergießen sich sogar direkt in das Meer, während sie an dem nördlichen Abhange nur klein sind und selten den Fuß des Gebirges überschreiten. Eine ungefähre Vorstellung der Intensität der gletscherbildenden Bedingungen an der Küste und im Inlande erhält man, wenn man die Höhe der Schneelinie mit der untern Gletschergrenze vergleicht. Nach Hayes besitzt die Schneelinie an der Seeseite der St. Elias Range eine Höhe von 600 *m* gegen 1800 *m* an dem Abfalle zum Plateau; und während die Gletscher dort bis zur Meeresküste herabgehen, ziehen sie sich hier schon in 1200 bis 1500 *m* Höhe zurück. Ähnlich liegen die Verhältnisse in den Wrangell Mountains, wenn auch die Lage der Schneelinie hier auf beiden Seiten eine höhere ist.

Gebirgserhebungen und Meeresbecken. Hierüber hat D. L. Waagen beachtenswerte Ausführungen veröffentlicht.[1]) Um die Aufwölbung der Gebirge zu verstehen, sagt er, muß man von der Tatsache ausgehen, daß die Kettengebirge stets alten, lange bestehenden Meeresbecken entstiegen. Es liegt somit ein zweifelloser inniger Zusammenhang zwischen den Erhabenheiten und Vertiefungen der Erdkruste vor, und J. Dana, M. Reade und zum Teile auch Richthofen bauten darauf ihre Theorie auf, welche als die thermische bekannt ist. Waagen betont aber, daß die angenommene Temperaturerhöhung der Sedimentmassen unter den Tiefen der Weltmeere sich absolut nicht erweisen lasse, im Gegenteile mache die niedrige Temperatur in großen Meerestiefen dies unwahrscheinlich, abgesehen davon, daß ja die Sedimente während der Auffaltung sofort ihre höhere Temperatur und damit die sie bewegende Kraft verlieren mußten und somit niemals über die Oberfläche des Meeres gelangen konnten. Temperaturerniedrigung und damit zusammenhängende Zusammenziehung, wie dies von Richthofen und Drygalski angenommen wurde, könne von vornherein nur beschränkte Geltung erlangen. Ebenso fand Duttons Lehre von der Isostasie nur geringen Anklang. Die vulkanische Erdbebentheorie, die von L. v. Buch, A. v. Humboldt und E. de Beaumont in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts begründet war, wurde später verlassen, bis sie nunmehr durch Ampferer, Becke und andere, wenn auch modifiziert, wieder zur Anwendung gebracht ist. „Weitaus die größte Verbreitung erlangte die Kontraktions- oder Schrumpftheorie, welche sich ganz auf dem Boden der Laplaceschen Nebularhypothese aufbaut und in Dana, Heim und E. Sueß ihre bedeutendsten Vertreter besitzt. Diese Theorie wird durch so viele Beobachtungen gestützt, daß, solange die Laplacesche Hypothese als richtig angenommen wird, wohl auch die Kontraktionslehre nicht verworfen werden soll. Denn mag man nun den Berechnungen Heims oder Lapparents oder

[1]) Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt in Wien 1907. Nr. 5.

Devilles bezüglich des Zusammenschubes der Erdkruste die meiste Wahrscheinlichkeit beimessen, so scheint doch unbestreitbar daraus hervorzugehen, daß der Erdumfang erheblich kleiner geworden, respektive, daß der Erdradius sich verkürzt hat."

Es sind nun zwei Prämissen, von welchen Waagen bei seinen Überlegungen ausgeht, und die er beide als feststehend betrachtet: 1. Die Faltengebirge sind stets aus alten Meeresbecken emporgetaucht, und 2. die Faltung beruht auf der Kontraktion der Erdkruste. Man hat die Erscheinungen dieser Kontraktion, wie Waagen meint, in letzter Zeit vielleicht allzu sehr an die Oberfläche der Erde verlegt, indem man tangentialen Schub als die Faltungsursache hinstellte. Dem gegenüber möchte er die Arbeit Ampferers als einen Fortschritt begrüßen, der „das Vorwiegen der vertikalen Beziehungen und Bewegungen wieder klar gemacht" habe. Auch Ampferer ging von der Kontraktionstheorie aus, und es dürfte ein zweifelloses Verdienst seiner eingehenden Untersuchungen sein, daß er die Wesenheit der Faltung in dem Verhältnisse von „Scholle und Ring" erkannte, wenn er auch der horizontalen Bewegung vielleicht noch zu großen Einfluß zuschrieb.

Den dritten Punkt, von dem Waagen ausgeht, bilden die neuern Resultate der Schweremessung, welche nach den Beobachtungen Sternecks eine Kurve ergeben, die unter den Gebirgen einen Massendefekt, dagegen unter den Niederungen und besonders den Meeren einen Massenüberschuß erkennen läßt. Daraus müsse man den Schluß ziehen, daß, theoretisch genommen, am leichtesten Gebirge und überhaupt hochgelegene Teile der Erdkruste, wie Festländer, niederbrechen können, während Meeresbecken verhältnismäßig stabil bleiben können.

„Stellen wir uns," sagt Waagen, „zur weitern Besprechung zunächst einmal einen Erdball vor, dem zwar die Gebirge fehlen, auf welchem aber immerhin schon eine Differenzierung in Festlandmassen und Meere vorhanden wäre, wobei die Kontinente nach den Vorstellungen von Johannes Walther gegen das Meer von Flexuren begrenzt seien. Nehmen wir an, daß eine solche Festlandsscholle sich zu senken beginne, so wird dadurch schon an und für sich der zum Meeresgrunde absteigende Muldenschenkel zusammengepreßt, und zwar dies um so mehr, als die gesunkene Scholle durch ihre zentripetale Bewegung in eine kleinere Kugelschale vorgerückt ist und auch aus diesem Grunde gegen das Meeresbecken eine Pressung ausüben muß, da sie nur in dieser Richtung ausweichen kann." Der Druck wirke also bei einer solchen sinkenden Festlandmasse nicht tangential, sondern schief nach abwärts, und es sei gleichgültig, ob dabei die gegenüberliegende Küste sich ruhig verhält oder ebenfalls im Sinken begriffen ist, da dies die Wirkung bloß in ihrer Intensität ändern würde. Diese Wirkung jedoch wird sich darin äußern, daß der Druck längs des absteigenden Schenkels der Mulde bis zu

deren Tiefpunkt hinabgeleitet werde, wo er endlich durch den Druck des Gegenschenkels zum Stillstande gebracht werde. Hier also könne die Kräfteverschiebung erst ein Resultat auslösen, das eben in einer Auffaltung des Untergrundes des Meeres bestehen werde.

Mit fortschreitendem Sinken des Kontinents werde daher das vorgelagerte Meer einerseits immer stärker zusammengedrückt und daher schmäler, anderseits die daraus hervorwachsenden Falten immer höher, so daß hierdurch schon ein allgemeiner Überblick über die Art, wie Gebirge entstehen könnten, gegeben wäre. „Es ist leicht denkbar," sagt Waagen, „daß ein Hochland und, wie die Schweremessungen ergaben, ist dies gerade bei Hochländern auch besonders leicht möglich, in Absenkung begriffen ist, während das andere Ufer von Flachland gebildet wird. Es muß da eine Zeit eintreten, in welcher die Falten über den Meeresspiegel und daher über das Flachland emporragen, während sich das Hochland immer noch als höhere Landmasse darüber bis zu einem gewissen Grade erhebt. Läuft nun der Senkungsprozeß weiter, so wird der Druck wirklich tangential wirken, und die Falten müssen gegen das ruhende Flachland vorgedrängt werden, ja es kann sogar zur Auslösung von Schubmassen und Überfaltungen kommen. Daraus wären jedoch zwei Gesetze abzuleiten: 1. Bei einseitig gefalteten Gebirgen ist das Vorland stets die ruhende, das Hinterland die bewegte Scholle; 2. Überschiebungen und Überfaltungen können nur dadurch ausgelöst werden, daß eine höher gelegene Scholle durch Einsenkung gegen ein niedriges Vorland drückt.

Damit braucht jedoch die Bewegung der sinkenden Scholle noch nicht zum Stillstande gekommen zu sein, wenn sie mit dem Vorlande die gleiche Höhe erreicht hat, sondern der Prozeß kann sich auch weiter fortsetzen. Da ist es aber ersichtlich, daß nun eine Umkehrung der frühern Wirkungsweise eintritt: die Scholle, die bisher eine Pressung hervorrief, wird nunmehr eine Zerrung ausüben, indem sie sich, ich möchte sagen, unter das Normalniveau senkt und eventuell auch unter die Oberfläche des Meeres. Kurz, es würde auf diese Weise wieder eine Flexur an den Grenzen der Kontinente entstehen: das eingesunkene Hinterland.

Aus dem gleichen Zusammenwirken zweier sich senkender Schollen würden sodann, theoretisch genommen, zweiseitig gefaltete Gebirge entstehen, denn hier müßte es ja eine Zeit geben, in welcher die beiden Schollen wie die Backen eines Schraubstockes wirken, und dies müßte ein Umlegen der Falten nach beiden Rändern zur Folge haben. Ebenso wäre aus dem Zusammenwirken von drei oder auch mehr sinkenden Schollen die Entstehung von Scharung und Virgation in gewissen Fällen leicht abzuleiten.

Endlich muß auch noch auf die Schollenländer und Grabenbrüche Bezug genommen werden. Diese können wohl nicht in einer einzigen Ursache ihre Erklärung finden; es müssen da Spannungs-

differenzen, Zerrungen und Senkungen, in geringem Umfange auch Hebungen herangezogen werden.

Diese Überlegungen führen zu folgenden Sätzen: Faltung ist bedingt durch die Zusammenziehung der Erde. Die Ursache der Faltung ist das Nachsinken der Kontinente, respektive höher gelegener Landmassen; sie beginnt am Grunde der Meere. Wenn die so entstandenen Gebirge bereits über den Meeresspiegel emporragen, können sie durch die bewegte Scholle, das Hinterland, auf die ruhende Scholle, das Vorderland, aufgeschoben werden. Faltung kann, nachdem sie einmal eingetreten, nur so lange fortdauern, als die sinkende Scholle ein höheres Niveau einnimmt wie das ruhende Vorderland. Bei weiterm Sinken kann auch das Hinterland unter den Meeresspiegel gelangen, und so hängt das Aufwölben der Gebirge und das Absenken der Meerestiefen innig zusammen, und aus diesem Verhältnisse würde sich auch das Wandern vorzeitlicher Meeresprovinzen erklären lassen."

Erdmagnetismus.

Über magnetische Störungen zu Batavia berichtet Dr. W. van Bemmelen.[1]) Er wurde auf diese Untersuchung der dortigen Aufzeichnungen geführt durch Maunder, der aus den Registrierungen zu Greenwich und Toronto geschlossen hat, daß diese magnetischen Störungen eine Tendenz zeigen, nach dem Ablaufe einer synodischen Rotation der Sonne wiederzukehren und dies bisweilen während zwei oder mehrern Rotationsperioden wiederholen. Maunder schloß aus dieser Wahrnehmung, daß die magnetischen Störungen ihren Ursprung auf der Sonne haben, daß aber die Sonnenaktion, welche sie hervorruft, nicht gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes wirkt, sondern in schmalen Strahlen, die nicht notwendig radial verlaufen. Dieselben entstammen kleinen Flächen der Sonne, und diese sind nicht nur die Ursache der magnetischen Störungen, sondern auch der Sonnenflecke. Dr. van Bemmelen hat nun 1149 magnetische Störungen, die von 1880 bis 1899 zu Batavia registriert wurden, nach dieser Richtung hin statistisch untersucht und gelangte zu folgenden Ergebnissen. Bezeichnet man mit Maunder plötzlich stark einsetzende magnetische Störungen als S-Störungen und solche, die stufenweise stärker werden, als G-Störungen, so findet sich, daß die S-Störungen offenbar einen kosmischen Ursprung haben, die G-Störungen können auch kosmisch verursacht sein, aber ihr Beginn ist abhängig von der lokalen Zeit des Beobachtungsortes, endlich ist auch die Entwicklung sämtlicher Störungen in gewissem Maße abhängig von der lokalen Zeit.

Was den Zusammenhang der magnetischen Störungen mit den Sonnenflecken anbetrifft, so ergibt die statistische Zusammenstel-

[1]) Koninglijke Akad. van Wetenschappen. te Amsterdam 1906. Nr. 22.

lung, daß die G-Störungen keinen erkennbaren Parallelismus mit der Häufigkeit der Sonnenflecke zeigen, daß dagegen ein Parallelismus der stärkern S-Störungen mit der Zahl der Sonnenflecke hervortritt, sowie endlich, daß die S-Störungen am seltensten sind, wenn die G-Störungen am häufigsten eintreten.

Magnetische Variationsbeobachtungen in einem Bergwerke. Seit Ende September 1906 wird, wie Prof. A. Schmidt (Potsdam) mitteilt,[1]) in einem Kohlenbergwerke der Zeche Monopol, etwa 18 *km* nordöstlich von Dortmund, unter der Leitung des Markscheiders Stiepel eine Doppelstation unterhalten.

Die beiden Stationen, von denen die obere in einem nach Angaben des Prof. Haussmann für die Technische Hochschule in Aachen gebauten, guten Wärmeschutz gewährenden Holzhäuschen untergebracht ist, während die untere rund 800 *m* tiefer im Erdinnern liegt, sind mit ganz gleichartigen Instrumenten, je einem Quarzfadenunifilar und einer Wage, sowie natürlich einem Registrierapparat ausgerüstet. Die Instrumente sind bis auf einen der letztgenannten Apparate, der dem Potsdamer Observatorium gehört, von Mechaniker Schulze in Potsdam geliehen worden.

Über die Ergebnisse der noch nicht abgeschlossenen Beobachtungen wird natürlich erst nach längerer Zeit eingehend berichtet werden können, da bei der a priori zu erwartenden Geringfügigkeit der etwaigen Differenzen eine sehr sorgfältige Ermittlung der Instrumentalkonstanten und eine umfangreiche Reduktion der Beobachtungen erforderlich ist.

Indessen lassen sich doch auch schon aus der vorbereitenden Untersuchung der ersten gleichzeitigen Registrierungen (die sich auf Deklination und Vertikalintensität beziehen) interessante Schlüsse ziehen. Entsprechend den theoretischen Erwartungen zeigt sich, daß in den schnell verlaufenden Schwankungen im allgemeinen kein merklicher Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Stationen zu bemerken ist. (Bei den langsamern, vor allem bei der täglichen Variation, ist dies natürlich in noch höherm Grade zu vermuten; bei diesen ist aber besonders wegen der Schwierigkeit, den Temperatureinfluß genügend genau zu berücksichtigen, die Feststellung schwieriger.) Vereinzelt treten jedoch kleine Differenzen auf, die ihrem Charakter nach kaum auf künstliche Störungen zurückführbar erscheinen. Immerhin bedarf die Möglichkeit einer Erklärung durch künstliche Einflüsse der gründlichsten Prüfung, ehe etwas Bestimmtes über die sachliche Bedeutung jener Differenzen gesagt werden kann. Die elektrischen Anlagen des Bergwerkes selbst, die fast ausschließlich Drehstrom benutzen, geben zu Bedenken kaum Anlaß; anderseits aber deuten Einflüsse, die an beiden Stationen merklich verschieden auftreten, mit großer Sicherheit auf lokale Ursachen in der Nachbarschaft der Beobachtungspunkte hin.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 130.

Die Ursache der magnetischen Störungen und der Ursprung des Erdmagnetismus ist Gegenstand der Untersuchungen von Prof. Birkeland gewesen.[1]) Derselbe hat früher die Anschauung vertreten, daß das Nordlicht und die Störungen im Erdmagnetismus durch Kathodenstrahlung und eine ähnliche, von der Sonne ausgehende Strahlung verursacht wird, indem diese von den erdmagnetischen Kräften zur Erde angezogen wird. Die Bearbeitung des von der norwegischen Nordlichtexpedition auf den vier Stationen Kaafjord, Dyrafjord, Axelöen und Matotchin Schar gesammelten Beobachtungsmaterials hat neue und sehr wertvolle Resultate ergeben. Man fand hier, daß die in einer Höhe von 500 *km* über der Erde befindlichen Ströme, als gewöhnliche elektrische Ströme berechnet, eine Stromstärke von 1 000 000 Ampère haben. Die größten magnetischen Störungen werden hier durch Strömungen verursacht, die ihre Maximalstärke gegen Mitternacht erreichen. In den Polargegenden folgen diese Ströme der Nordlichtzone, wo das Nordlicht am häufigsten auftritt, und die magnetischen Wirkungen der Ströme sind hier bis gegen zwanzigmal größer als auf südlichen Breiten. Das genannte Resultat stimmt insofern mit den Untersuchungen Störmers, wonach die Kathodenstrahlen von der Sonne nur innerhalb der Nordlichtzone sich der Erde einigermaßen nähern können. Experimentell ist das Resultat dadurch bestätigt worden, daß man ein kleines magnetisches Erdmodell von 10 *cm* Durchmesser in ein großes Vakuumrohr aufgehängt hat und dann von einer entfernt stehenden Kathode die Kathodenstrahlen gegen die Kugel richtete. Es entstehen dann bei einem solchen Versuche prachtvolle Lichterscheinungen, worunter namentlich ein kräftiger Lichtring bemerkt wird, der den magnetischen Äquator der Magnetkugel umgibt, und dessen Stellung und Form an den bekannten Saturnring erinnert. Diese Erscheinung kann zur Erklärung der Entstehung des Erdmagnetismus dienen. Wenn nämlich die Erde sich in einem Felde von Kathodenstrahlen oder damit verwandten Strahlen, wie z. B. die sogenannten β-Strahlen, die von der Sonne ausgehen, bewegt, wird sich um den magnetischen Äquator der Erde ein kräftiger Ring solcher Strahlen bilden. Und diese Strahlen haben einen solchen Verlauf, daß sie die Erde eben in der Richtung magnetisieren werden, wie es wirklich der Fall ist.

Es wurde ferner gezeigt, wie ein ursprünglich unmagnetischer, aber magnetisierbarer Planet in einem ständigen Felde solcher Strahlen, die von der gesamten Sonnenoberfläche ausgehen, in einer bestimmten Stärke und in derselben Richtung wie die Erde magnetisiert wird, unter der Voraussetzung, daß der Planet in derselben Richtung wie die Erde um seine Achse rotiert. Die Energie-

---

[1]) Ges. d. Wissensch. in Kristiania. Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse 1907. Januar.

quantität, die von der Sonne ausstrahlt, wird stets ausreichen, um einen Planeten von der Größe der Erde zu magnetisieren. Auch das Zodiakallicht und der Saturnring (?) sind möglicherweise sichtbare Zeugen riesenhafter elektrischer Erscheinungen, die in dünnen Gasen durch die hier genannten, von der Sonne ausgehenden Strahlungen herrühren. Eine solche elektrische Theorie für den Saturnring würde kaum größere Schwierigkeiten zu bekämpfen haben, als die jetzt gewöhnlich angenommene Meteortheorie. Wenn die Gestirne allgemein solche Strahlen aussenden, werden sie hierdurch die in ihrer Nähe befindlichen Planeten magnetisieren, und der Magnetismus wird ebenso kosmisch sein wie die Schwere.

Indessen erheben sich gegen eine Theorie wie die hier genannte über die Entstehung des Erdmagnetismus sogleich scheinbar große Schwierigkeiten. Denn der Großmeister des Erdmagnetismus Gauß hat schon im Jahre 1839 nachgewiesen, daß die alles überwiegende Wirkung des Erdmagnetismus im Innern der Erde zu suchen ist, und mehrere hervorragende Forscher haben später diesen Satz bestätigt. Untersucht man indessen die betreffende Arbeit von Gauß näher, so findet man, daß er dem genannten Satz die Einschränkung beifügt: „. . . unter der Voraussetzung, daß keine andern elektrischen Strömungen als die jetzt bekannten galvanischen vorhanden sind". Solche Ströme sind aber die in der Theorie Birkelands vorausgesetzten Strömungen aus β-Strahlen, deren magnetische Wirkungen von denjenigen der galvanischen Ströme gänzlich verschieden sind. Schließlich wurden noch einige theoretische Untersuchungen besprochen über die magnetischen Wirkungen von solchen Strahlen, die aus elektrisch geladenen Korpuskeln bestehen, die sich mit einer Geschwindigkeit bewegen, die derjenigen des Lichtes sehr nahekommt.

Prof. Störmer knüpfte an den Vortrag von Birkeland die Bemerkung, daß auch solche Kleinteilchen, die sich den Polargegenden in Korkzieherspiralen nähern, eine starke magnetische Wirkung ausüben werden, indem sie als Solenoide wirken, eine Erscheinung, die für den Verlauf der Protuberanzen und deren Erklärung von Bedeutung sein wird.[1])

Erdbeben.

Die Beobachtung entfernter Erdbeben nach dem heutigen Zustande der Wissenschaft behandelte F. Omori.[2]) Die Erdbebenbewegung besteht im allgemeinen aus verschiedenen Reihen von Schwingungen, die in Größe (Amplitude) und Periode innerhalb weiter Grenzen liegen. Am geeignetsten teilt man diese Bewegungen

[1]) Chemiker Zeitung 1907. Nr. 13.
[2]) Gaea 1907. p. 193.

in zwei Klassen: unmittelbar wahrnehmbare oder makroseismische, die dem Gefühl als Bodenerzitterungen oder Bodenstöße bemerkbar sind, und unwahrnehmbare oder mikroseismische, die nur durch Instrumente erkennbar werden. Bei der erstgenannten Klasse treten lebhafte Bewegungen gleichzeitig mit langsamen zusammen auf, während in der andern Klasse rasche Bewegungen völlig fehlen oder doch sehr unbedeutend sind. Manche Vibrationen der unfühlbaren Bewegungen sind so groß und selbst größer als diejenigen bei kleinen, aber unmittelbar bemerkbaren, lokalen Erdbeben; sie sind nur deshalb unfühlbar, weil ihre Schwingungsperiode sehr lang und folglich die Bewegungsänderung klein ist. Die unterste Grenze der Intensität oder Akzeleration der wahrnehmbaren Bewegung ist etwa 17 *mm* in der Sekunde. Die schnellen und kurzwelligen Schwingungen bei Erdbebenbewegungen werden mit zunehmender Entfernung vom Zentrum der Störung zerstreut, und zwar rascher als die langsamen und langen Schwingungen, so daß die von einem entfernten Erdbeben verursachte Bodenbewegung in ihrem Charakter einfacher ist als diejenige einer nähern, und völlig unfühlbar oder mikroseismisch. Als entferntes Erdbeben wird hier ein solches bezeichnet, dessen Epizentrum vom Beobachtungsorte 1500 bis 2000 englische Meilen entfernt ist.

Da die Erdkruste als elastisches Medium zu betrachten ist, durch welches die Erdbebenwellen fortgepflanzt werden, so bildet die Untersuchung dieser Wellen bezüglich der Art und Weise ihrer Fortbewegung, sowie deren Verhalten unter verschiedenen Umständen, einen sehr wichtigen Zweig der geophysikalischen Wissenschaft. Besonders die Beobachtung entfernter Erdbeben führt zu interessanten Ergebnissen, die geeignet sind, Licht zu werfen auf die Zustände im Innern unserer Erde. Mittels unseres überaus empfindlichen modernen Seismographen sind wir imstande, ein großes Erdbeben in jedem Teile der Erde wahrzunehmen, durch welches Bodenschwingungen von 1 bis 5 Stunden Dauer verursacht werden.

N a h e E r d b e b e n. Gewöhnliche, bemerkbare Bodenerschütterungen beginnen, vom Seismographen verzeichnet, stets mit Vibrationen von kleiner Amplitude und verhältnismäßig kurzer Periode. Man bezeichnet diese Vibrationen als vorausgehende Tremors, und sie dauern von wenigen Sekunden bis zu einigen Minuten. Dann folgen Vibrationen von großer Amplitude, welche den Hauptteil bilden, und schließlich endigt der Erdstoß mit schwachen Bewegungen, welche man als den Schlußteil bezeichnen kann. Wenn der Sitz des Erdbebens nahe beim Beobachter befindlich ist, so vernimmt dieser ein Geräusch ähnlich entferntem Donner oder ein Rauschen gleich dem des Windes, und dieses ereignet sich unmittelbar, bevor die Erschütterung des Bodens eintritt. Diese Schallerscheinungen, welche sehr häufig in gebirgigen Gegenden, dagegen sehr selten in flachen Bezirken wahrgenommen werden, sind sehr wahrscheinlich verur-

sacht durch die raschen Vibrationen während der vorausgehenden Tremors. Die wohlbekannte Tatsache, daß gewisse Tiere vor dem Beginne von Erdbeben Zeichen von Unruhe geben, ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß sie die ersten Bewegungen der vorausgehenden Tremors fühlen. Die Zeitdauer dieser Tremors hängt nicht ab von der Intensität des Erdbebens, sondern ändert sich, wie man gefunden hat, mit der Entfernung des Ursprungsortes. Wenn man die Dauer der vorausgehenden Tremors in Sekunden mit Y bezeichnet, die Entfernung des Beobachtungsortes vom Zentrum des Erdbebens mit X, so hat sich zur Berechnung des letztern in Kilometern folgende empirische Formel bewährt:

$$X = 7.27 \times Y + 38\ km:$$

Diese Formel ist gültig für Werte von X zwischen 100 und 1000 *km*. Diese einfache Formel ist überaus nützlich, denn sie bietet ein Mittel, auf jeder Station, die einen hinreichend empfindlichen Seismographen besitzt, die Entfernung des Ausgangspunktes eines Erdbebens sofort annähernd zu schätzen. Wenn aber solche seismographische Aufzeichnungen von mehrern Stationen vorliegen, so kann man daraus weiter die wahrscheinliche Lage des Erdbebenzentrums auf der Erdoberfläche ableiten. Als Beispiel können die Aufzeichnungen des Ewing-Seismographen dienen, welche Prof. Campbell auf der Licksternwarte von dem Erdbeben am 18. April 1906 mitgeteilt hat. Nach diesem Seismogramm dauerten die vorausgehenden Tremors im Mittel 11 Sekunden, woraus sich nach obiger Formel für die Entfernung X des Hauptzentrums der Erschütterung in Kilometern ergibt:

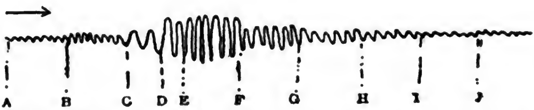
$$X = 7.27 \times 11 + 38\ km = 118\ km,$$

was mit der Wirklichkeit ziemlich gut übereinstimmt.

Die Dauer der stärksten Schwingungen im Hauptteile des Seismogramms beträgt bei zerstörenden Erdbeben zwischen 4 und 10 Sekunden, in ausnahmsweise heftigen Fällen aber bis zu 30 Sekunden. Gemäß dem obenerwähnten Seismogramm der Licksternwarte betrug die Dauer des Hauptteiles während jenes großen Erdbebens anscheinend 40 Sekunden.

Bei schwachen Erdbeben ist die Bodenbewegung nur unbedeutend und erreicht einen Bruchteil von 0.1 Zoll. Wenn die Bewegung etwa $^1/_2$ Zoll beträgt, so ist das Erdbeben stark und kann leicht gefährliche Wirkungen haben, bei einer Bewegung von ein paar Zoll ist die Wirkung unter Umständen verhängnisvoll. Während des Erdbebens von San Francisco erreichte sie wahrscheinlich bis zu 3 Zoll. In gewöhnlichen Fällen ist der vertikale Teil der Bodenbewegung sehr erheblich kleiner als der horizontale, und die zerstörende Kraft muß mit wenigen besondern Ausnahmen dem letztern zugeschrieben werden.

Entfernte Erdbeben. Eine sorgfältige Untersuchung der Seismogramme hat gelehrt, daß die Erdbebenbewegung im allgemeinen aus verschiedenen Phasen oder Sektionen besteht, in deren jeder die Periodendauer im wesentlichen konstant bleibt, ebenso im ganzen auch die Amplitude, ausgenommen bei Maximum- und Minimumgruppen.



Schematische Darstellung der Erdbebenbewegungen, die von einem sehr entfernten Ausgangspunkte herrühren.

AB: 1. vorausgehende Tremors. BC: 2. vorausgehende Tremors. CD: 1. Phase des Hauptteiles. DE: 2. Phase des Hauptteiles. EF: 3. Phase des Hauptteiles. FG: 4. Phase des Hauptteiles. I: Schlußteil.

Die aufeinander folgenden Phasen der Erdbebenbewegung, welche die Abbildung vorführt, sind folgende:

Der vorausgehende Tremor, der aus Vibrationen von kleiner Schwingungsweite (Amplitude) und verhältnismäßig kurzer Periode besteht, zerfällt in einen ersten und zweiten Teil; letzterer beginnt mit einer deutlichen Vergrößerung der Amplitude und bisweilen mit dem Auftreten schwacher Undulationen. Der Hauptteil des Seismogramms bezeichnet die stärkste Intensität des Erdbebens und zeigt Schwingungen von großem Ausschlage (Amplitude). Der voraufgehende Teil desselben zerfällt weiter in drei Stufen: a) die erste Phase, bestehend aus wenigen, sehr langsamen Bewegungen; b) die zweite Phase, ebenfalls aus langsamen Bewegungen bestehend, deren Periode im allgemeinen etwas kürzer ist als die der vorhergehenden; c) die dritte Phase, bestehend aus Vibrationen, die viel rascher sind als diejenigen von a und b. Dieser dritten Phase folgen noch andere von kleiner Amplitude (FG, GH usw.), die man als vierte, fünfte Phase des Hauptteiles bezeichnen kann. Schließlich bezeichnet der Endteil des Seismogramms die Abschwächung und das endliche Erlöschen der Erdbebenbewegung. Bei Beben, deren Ausgangspunkt der Beobachtungsstation nahe liegt, ist die Bewegung wegen des Vorhandenseins lebhafter Vibrationen von makroseismischem Charakter viel verwickelter als bei Fernbeben, und es bleibt schwierig, die verschiedenen Phasen des Hauptteiles zu unterscheiden.

Gleichwie bei den Nahebeben, so hat sich auch bezüglich der Fernbeben herausgestellt, daß die Dauer der vorausgehenden Tremors an einem gegebenen Punkte abhängt von der Entfernung der Ursprungsstelle des Bebens, und diese Entfernung durch eine einfache empirische Formel näherungsweise bestimmt werden kann.

Sei wie oben X die Distanz zwischen dem Beobachtungspunkte und dem Epizentrum des Erdbebens, Y die Gesamtdauer der ersten und zweiten vorausgehenden Tremors, so findet sich in Kilometern ausgedrückt

$$X = 6.54 \times Y + 720\ km.$$

Kennt man nur die Dauer des ersten Teiles der vorausgehenden Tremors und bezeichnet diese mit Y_1, so erhält man die Entfernung X aus folgender Gleichung:

$$X = 17.1 \times Y_1 + 1360\ km.$$

Diese Berechnungen geben annähernd richtige Werte von X, wenn letzteres zwischen 2000 und 18 000 *km* beträgt.

Die Zeit, wann der Erdstoß an seiner Ursprungsstelle stattfand, ergibt sich näherungsweise, wenn man von dem Zeitmomente, in welchem er an dem Beobachtungsorte registriert wurde, die mit 1.165 multiplizierte Dauer von Y_1 abzieht.

P u l s a t o r i s c h e O s z i l l a t i o n e n. Dieselben sind kleine, langsame, pulsähnliche Oszillationen, die mit eigentlichen Erdbeben nichts zu tun haben, vielmehr befindet sich der Boden mehr oder weniger in einem Zustande leiser Vibration, wenn irgendwo ein Erdbeben sich bemerkbar macht. In einigen ausgesprochen heftigen Fällen dieser Pulsationen war die Bewegung so groß wie bei schwachen Erdbeben, indem die größte Amplitude bisweilen fast 0.2 *mm* erreichte. Dabei ist auch die horizontale Bewegung im allgemeinen viel größer als die vertikale, obgleich in einigen Fällen die letztere sehr markiert auftritt und der andern fast gleich ist. Die Pulsationen, welche mehrere Tage hindurch andauern können, zeigen eine Aufeinanderfolge von verschiedenen Phasen nur bei großen Fernbeben, obgleich sie Änderungen in größern und kleinern Gruppen unterworfen sind. Da die Periode der Pulsation sich nur wenig ändert und stundenlang konstant bleibt, so kann man annehmen, daß diese Bewegungen die Eigenschwingungen gewisser Teile der Erdkruste repräsentieren. Wirklich besitzen diese verschiedenen Teile der Erdkruste ununterbrochen größere oder kleinere Bewegungen, und die Periode einzelner solcher Schwingungen hängt in jedem einzelnen Falle von der geotektonischen Beschaffenheit der Lokalität ab.

Eine sorgfältige Untersuchung der Horizontalpendelaufzeichnungen zu Tokio zeigte, daß die Pulsationen in den meisten Fällen wesentlich aus Vibrationen von vier Sekunden Dauer bestehen, mehr oder weniger untermischt mit solchen von einer Periode, die etwa acht Sekunden beträgt. Die Vibrationen der vier Sekundenperioden kommen sehr häufig vor, doch fehlen auch Beispiele nicht, wo die Vibrationen von acht Sekunden fast ausschließlich vorherrschten. Man darf vielleicht behaupten, daß diese letztere die der Ebene von Tokio eigentümliche Fundamentaloszillation ist, und erstere eine ihrer harmonischen

Zuordnungen. Die durchschnittliche Periode der Hauptpulsationen zu Osaka, Formosa, Göttingen und andern Beobachtungsorten, beträgt entweder nahezu vier oder nahezu acht Sekunden, und es scheint, daß diese Perioden in allen Teilen der Erde näherungsweise die gleichen sind.

Pulsatorische Oszillationen begleiten im allgemeinen die großen Wirbelstürme, und diese Wirkung einer großen atmosphärischen Depression ist schon bis in Entfernungen von mehrern tausend Kilometern wahrgenommen worden; indessen sind auch Fälle stürmischer Pulsationen beobachtet worden an Tagen, wo in allen Teilen Japans völlig ruhiges Wetter herrschte.

Perioden der Erdbebenvibrationen. Die vorherrschenden Perioden der verschiedenen Phasen der Bodenbewegungen, welche durch entferntere Erdbeben hervorgerufen werden, sind nach den Beobachtungen zu Hitotsubaski (Tokio) folgende, wobei die sehr häufig vorkommenden durch fettere Ziffern wiedergegeben sind.

	Sek.	Sek.	Sek.	Sek.
1. Vorausgehende Tremors . . .	1.04	**4.6**	**8.7**	
2. „ „ . . .	**8.5**	14.8		
3. Sektion	22.9	27.6		
4. „	13.6	17.8	22.3	25.9
5. „	**9.3**	13.6		
Schluß	**9.6**	16.0		

Man bemerkt, daß die beiden Perioden von etwa 4.5 und 8.5 Sekunden am häufigsten in den vorausgehenden Tremors auftreten, und dies stimmt auch mit den Beobachtungen zu Hongo überein. Diese beiden Perioden sind praktisch übereinstimmend mit jenen, welche für die Pulsationen zu Tokio gefunden wurden, die, wie oben angegeben, 4.4 und 8.0 Sekunden betragen. Dagegen hängen die Tremorperioden nicht von der Distanz zwischen dem Beobachtungsorte und dem Epizentrum ab, sondern sind charakteristisch für die Gegend von Tokio. Ähnliches gilt auch für die Perioden der andern Stadien der Erdbebenbewegung. Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß die hauptsächlichsten Schwingungen der vorausgehenden Tremors eines Fernbebens und die Pulsationen identische Erscheinungen sind.

Als eine wahrscheinliche Erklärung des Auftretens der vorausgehenden Tremors kann folgende gelten: Die Wellen dieses Tremors werden durch eine tiefe Schicht der Erdkruste fortgepflanzt mit einer Geschwindigkeit von 14 *km* in der Sekunde und erregen unter dem Beobachtungsorte höhere Teile der Erdkruste, die dann ihrerseits in Eigenschwingungen geraten. In der Tat scheinen die vorausgehenden Tremors nichts anderes zu sein als die pulsatorischen Schwingungen, welche durch die vom Ursprungsorte des Erdbebens ausgehenden und längs einer tiefern Schicht der Erdkruste fortgepflanzten Wellen erzeugt werden.

Nach den Beobachtungen der Schwingungen, welche Fernbeben hervorrufen, sind hauptsächlich folgende Perioden in den verschiedenen Phasen der Bewegung vorhanden:

	Sek.	Sek.	Sek.
1. Vorausgehende Tremors	4.1	7.8	13.9
2. „ „	4.8	8.2	15.0
Hauptteil, 1. Phase	36.1		
„ 2. „	27.5	33.7	
„ 3. „	20.4	24.0	
„ 4. „	11.7	14.9	
„ 5. „	14.3		
„ 6. „	14.5		
Schlußteil	9.9	14.3	19.8

Die Amplitude der Bewegung ist am kleinsten bei den ersten vorausgehenden Tremors, am größten bei den zweiten und dritten Phasen des Hauptteiles. Die nachstehende Tabelle enthält die mittlern relativen Maximalamplituden der bezüglichen Bewegungen.

1. Vorausgehender Tremor	100 *mm*
2. „ „	560 „
Hauptteil, 1. Phase	550 „
„ 2. „	1820 „
„ 3. „	1220 „
„ 4. „	840 „
„ 5. „	560 „
„ 6. „	430 „

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Vibrationen. Bei Berechnung dieser Geschwindigkeiten ergibt sich ein beträchtlicher Unterschied, je nachdem man annimmt, daß die Wellen in der geraden Linie vom Ausgangspunkte des Bebens im Erdinnern zum Beobachtungsorte fortgepflanzt werden oder parallel der Oberfläche. Unter dieser letztern Voraussetzung, welche die wahrscheinlichere zu sein scheint, ergeben sich die Geschwindigkeiten der verschiedenen Erdbebenwellen annähernd gleich groß ohne Rücksicht auf den Abstand im Bogen der Erdoberfläche. Eine Ausnahme machen nur die Fälle, in welchen der Abstand des Epizentrums klein ist und etwa 30° beträgt. Bezeichnet man die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Bodenwellen (parallel zur Erdoberfläche) für die obenbezeichneten verschiedenen Phasen der Erdbebenbewegung mit V_1, V_2 bis V_8, so haben sich für deren Geschwindigkeit folgende mittlere Werte ergeben:

$V_1 = 13.7$ *km* pro Sek.	$V_5 = 3.3$ *km* pro Sek.
$V_2 = 7.2$ „ „ „	$V_6 = 2.8$ „ „ „
$V_3 = 4.6$ „ „ „	$V_7 = 2.4$ „ „ „
V_4 nicht genauer bekannt	$V_8 = 2.1$ „ „ „

Die Geschwindigkeit der Wellen am Beginne des Hauptteiles bei einem Nahebeben beträgt im Durchschnitte 3.3 *km* pro Sekunde, ist also ebenso groß wie V_5 in obiger Tabelle, und hieraus geht hervor,

daß die Vibrationen der 3. Phase des Hauptteiles sich längs der Erdoberfläche fortpflanzen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen des ersten vorausgehenden Tremors (V_1) ist sehr groß, und man kennt kein Gestein, dessen Elastizitätsmodulus hinreichend groß wäre, um eine solche Translationsgeschwindigkeit zu ermöglichen. Wir müssen deshalb schließen, daß die Wellen der ersten vorausgehenden Tremors sich auf einem Wege innerhalb der Erdkruste fortpflanzen. Da nur die Dauer der ersten vorausgehenden Tremors an einer gegebenen Station sehr nahe proportional ist dem Bogen zwischen dieser Station und dem Punkte des Erdbebensitzes, so scheint es auch, daß die Wellen dieses Tremors sich parallel zur Erdoberfläche fortbewegen und in einer wahrscheinlich konstanten Tiefe unter ihr. Die Erscheinung erklärt sich unter der Annahme, daß die vorausgehenden Tremors sowohl als die Wellen des Hauptteiles gleichzeitig am Orte der Erdbebenursprunges entstehen, aber in dem Maße, als sie sich von dort entfernen, und die Bewegung sich ausbreitet, infolge der Verschiedenheit ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeiten voneinander getrennt werden. Die Schicht, längs welcher die Wellen (V_1), von großer Geschwindigkeit sich fortbewegen, bezeichnet vielleicht die Grenze der Materie, in der die tiefen seismischen Wellen entstehen. Eine oberflächliche Berechnung, die auf dem Verhältnisse der Dauer der ersten vorausgehenden Tremors und der Entfernung des Epizentrums, sowie auf der Größe der verschiedenen Geschwindigkeiten beruht, ergibt 600 *km* als wahrscheinliche Tiefe jener Schicht, längs deren die Vibrationen des ersten vorausgehenden Tremors fortgepflanzt werden. Es ist wahrscheinlich, daß die Wellen mit den Geschwindigkeiten V_2 und V_3 in Schichten sich fortbewegen, die weniger tief unter der Erdoberfläche liegen.

F o r t p f l a n z u n g d e r s e i m i s c h e n B e w e g u n g u m d i e g a n z e E r d e. Wir wollen annehmen, es bezeichne T die Beobachtungsstation und C den Ort, an welchem das Erdbeben seinen Ursprung hat. Dann gibt es drei Arten der Bewegung, welche unterschieden werden können, und die als W_1-, W_2- und W_3-Wellen bezeichnet werden mögen.

Die W_1-Wellen sind diejenigen, die von C nach T sich auf dem kürzesten Wege parallel zur Erdoberfläche fortbewegen. Die W_2-Wellen sind diejenigen, die sich von C nach der entgegengesetzten Seite fortpflanzen und längs dem größten Bogen erst nach T gelangen, wenn sie über dessen Antipoden sich fortbewegt haben. Die W_3-Wellen sind diejenigen W_1-Wellen, die über T in der gleichen Richtung fortschritten, einen vollen Umlauf um die Erde machten und nun zum zweiten Male T erreichten.

Die Identifizierung der W_3-Wellen ist nur in sehr wenigen Fällen möglich, die W_2-Wellen sind dagegen bestimmter zu erkennen, sie sind gewöhnlich dadurch charakterisiert, daß ihre Periode viel

langsamer ist als die der vorhergehenden Vibrationen, die den Endteil der W_1-Wellen bezeichnen. Die durchschnittliche Periode der W_2-Wellen ist, mit wenigen Ausnahmen, sehr gleichförmig und beträgt 20.4 Sekunden, übereinstimmend mit der Dauer der vorherrschenden Periode der dritten Phase des Hauptteiles der Seismogramme. Die Periode der W_3-Wellen ist wahrscheinlich die nämliche, wie diejenige der W_2-Wellen. Hieraus scheint hervorzugehen, daß die W_2- und W_3-Wellen die nämlichen sind, welche die dritte Phase des Hauptteiles der Erdbewegung bilden. Der Zeitunterschied zwischen der Ankunft der W_1- und der W_3-Wellen beträgt 3 Stunden 20 Minuten 46 Sekunden, übereinstimmend mit der Zeit, welche die Wellen der dritten Phase des Hauptteiles brauchen würden, um die Erde mit ihrer Geschwindigkeit von 3.3 *km* pro Sekunde zu umkreisen.

Das Erdbeben von San Francisco in Tokio beobachtet. Die Zeit des Anfanges in Tokio war $5^h\ 24^m\ 35^s$ a. m. (Pacificzeit), und die gesamte Dauer der Bewegung betrug 5 Stunden. Die Dauer der ersten vorausgehenden Tremors war $9^m\ 49^s$, woraus sich die Entfernung des Erdbebensitzes von Tokio im größten Bogen der Erdoberfläche zu 5400 englischen Meilen berechnete, sowie die Zeit des Stoßes am Ursprungsorte auf 5 Uhr 13 Minuten.

Die erste Verschiebung der gut definierten horizontalen Schwingungen beim Beginne der zweiten vorausgehenden Tremors geschah in der Richtung S 27° W—NE, nahezu entsprechend der Richtung des größten Kreises von Japan über Kalifornien.

Um 7 Uhr 31 Minuten (Pacific-Standardzeit), nämlich $2^h\ 6^m\ 35^s$ nach Beginn der Störung, begannen die Vibrationen, welche den Erdbebenwellen entsprechen, die in südöstlicher Richtung durch Südamerika über den Atlantischen und Indischen Ozean die Erde umkreist hatten. Beispiele von großen Erdbeben, welche die pazifische Küste Amerikas störten, sind u. a.: das Alaska-Erdbeben vom 3. und 10. September 1899 und vom 9. Oktober 1900, die zentralamerikanischen Erdbeben vom 18. April und 22. September 1902, das Erdbeben in Panama, Columbia und Ecuador am 31. Januar 1906. Die ganze pacifische Küste bildet überhaupt einen der am meisten aktiven seismischen Distrikte der Welt.

Große zerstörende Erdbeben zeigen die Tendenz, in Gruppen aufzutreten, namentlich ereignen sie sich in verschiedenen Teilen einer gegebenen Region oder Zone im Verlaufe weniger Jahre. So stellte sich vom September 1899 bis zum Januar 1906 eine Reihe von sechs extensiven Beben ein, welche die ganze pacifische Küste von Alaska bis nach Südamerika trafen und dadurch anzeigten, daß diese Erdbeben nicht von lokalem Charakter waren, sondern daß gewaltige Kräfte sich längs des pacifischen Ufers betätigten, so daß die Ausdehnung der seismischen Störung auf die Küste der

Vereinigten Staaten naturgemäß zu erwarten war. Das große kalifornische Erdbeben vom 18. April 1906 vervollständigt aber die Kontinuität der seismischen Tätigkeit in diesem Teile der Erde. Wird ein Erdbeben verursacht durch irgend einen schwachen Punkt unter der Erdoberfläche, der zuletzt eine Störung des statischen Gleichgewichtes herbeiführt und dadurch Bodenwellen erzeugt, die sich durch Felsen und Erdreich fortbewegen, so kann ein sehr heftiges Erdbeben wie das kalifornische vom 18. April betrachtet werden als Folge der Bewegung, welche durch eine beträchtliche Unstabilität in der Erdkruste hervorgerufen wurde. Solche Regionen erhalten dann zuletzt aber eine gewisse seismische Sicherheit, und es ist Tatsache, daß kein Fall bekannt ist, in welchem heftige Erdbeben ihren Ursprung wiederholt in einem und demselben Zentrum gehabt hätten.

Die kleinen Nachbeben, welche verschiedene Teile der pacifischen Küste noch mehrere Jahre beunruhigen dürften, sind nicht von gefährlicher Natur, auch ist es durchaus notwendig, daß diese schwachen Beben eintreten, damit sich die Erdkruste dadurch wieder in den Zustand des Gleichgewichtes setzt.

Bearbeitungen makroseismischer Erdbeben haben J. v. Jánosi und A. Réthly geliefert.[1]) Sie bedienten sich dabei der sogenannten Cancanischen Gleichungen, welche einen Zusammenhang zwischen den beobachteten Stärkegraden, der Herdtiefe und der Absorptionskoeffizienten der Energie in der Erdrinde mit der Entfernung vom Herde ergaben. Die Stärke der Beben wird nach der Forell-Mercallischen Skala geschätzt, welche Cancani auf der II. internationalen seismologischen Konferenz vorgeschlagen hat. (I.—XII. Stärkegrade.) Diese Schätzung geschieht ähnlich, wie an den meteorologischen Stationen die Schätzung der Windstärke den Wirkungen gemäß. Die weitere Behandlung der so erhaltenen Werte ergibt nun die Verteilung der Stationen, an denen die Intensität des Bebens dieselbe war, die sogenannten Isoseisten. Die Gestalt dieser Kurven ist, wenn der Aufbau der Epizentralgegend gleichmäßig ist, ein Kreis, systematische Abweichungen deuten auf geologische Ungleichheiten.

Wie die Werte der Windstärken nur dann einen physikalisch wertvollen Stoff ergeben, wenn durch ihre Bearbeitung Windgeschwindigkeiten berechnet werden können, so drängt sich auch hier die Aufgabe auf, die geschätzten Stärkeangaben mit einer das Erdbeben charakterisierenden physikalischen Größe in Zusammenhang zu bringen. Eine solche Größe ist z. B. die größte Beschleunigung des Bebens, die jedenfalls die charakterisierendste Angabe der Bebenstärke ist.

[1]) Die Erdbeben in Ungarn 1906. Publ. d. K. ungarischen Reichsanstalt Budapest 1907. p. 83.

Omori, Milne und andere haben sich mit der Bestimmung des absoluten Wertes dieser Beschleunigung beschäftigt, auf ihre Angaben gestützt, erhielt Cancani die folgende Tabelle:

Stärke des Bebens	die Grenzen der größten Beschleunigung mm/sec.
I.	0—2.5
II.	2.5— 5
III.	5—10
IV.	10—25
V.	25—50
VI.	50—100
VII.	100—250
VIII.	250—500
IX.	500—1000
X.	1000—2500
XI.	2500—5000
XII.	5000—10000

Die Hauptergebnisse der von den Obengenannten ausgeführten Rechnungen für fünf Beben, denen sie noch diejenigen von zwei andern durch J. v. Jánosi und Gy. Schindler berechnete beifügen, enthält folgende Tabelle. In derselben bezeichnet G den Stärkegrad im Epizentrum, h die Herdtiefe in Kilometern, y den Absorptionskoeffizienten und *qkm* die Ausdehnung des Bebens in Quadratkilometern.

			G	h *km*	y	*qkm*
Charleston	1886.	VIII. 31.	10.0	102	0.0041	796.000
India	1897.	VI. 12.	10.0	170	0.0039	3.970.000
Délmagyar	1901.	IV. 2.	9.5	7—13	0.020	72.800
Erdély	1880.	X. 3.	9.5	10	0.023	62.400
Jókeö I.	1906.	I. 10.	9.0	6—11	0.033	29.840
Jókeö II.	1906.	I. 16.	9.0	5—8	0.048	11.386
Eger	1903.	VI. 26.	9.0	5	0.049	8.800

Über die Wellenbewegungen bei Erdbeben verbreitet sich Dr. J. B. Messerschmitt.[1]) Er kommt zu dem Ergebnisse, daß bei dem Auftreten der Nachbeben in einem Erdbebenbezirke die Reflexionen der Wellen im Innern der Erdoberfläche eine hervorragende Rolle spielen, wie dies ja auch aus den Seismogrammen entfernter Erdbeben schon jetzt zum Teile erkannt worden ist. Weiterhin findet man, daß die Laufzeiten auf den verschiedenen Wegen so berechnet werden können, als ob die Wellen auf den entsprechenden Sehnen und nicht, wie die sonstige Vorstellung des Erdinnern es erfordert, auf gekrümmten Linien dahineilen. Es möchte sich dieser Umstand wohl leichter durch die Vorstellung Wiecherts über das Erdinnere als durch eine andere erklären lassen. Es sind also diese Betrachtungen ein neuer Beweis für die Wichtigkeit des Studiums der Erdbeben gerade bezüglich der Natur des Erdinnern.

---

[1]) Naturw. Rundschau 1907. Nr. 35.

Jährliche Periode der Erdbebenhäufigkeit in Potsdam. Seit 1. April 1902 werden die Potsdam erreichenden Fernbeben — Ortsbeben gibt es in dieser Gegend der norddeutschen Tielebene überhaupt nicht — von zwei senkrecht zueinander stehenden Horizontalpendeln, seit Oktober 1903 außerdem auch von einem Wiechertschen astatischen Pendelseismometer registriert. Die Beobachtungen liegen bis Ende 1906 vor, umfassen also fünf Jahrgänge, deren erster allerdings unvollständig ist. Da das Material weit über 1000 Beben umfaßt, hat O. Meißner dasselbe berechnet, um die jährliche Periode der Häufigkeit der Fernbeben abzuleiten.[1])

In der folgenden maßgebenden Tabelle sind die Häufigkeitszahlen für August und Oktober 1903, weil interpolatorisch ermittelt (die Beobachtungen mußten wegen Aufstellung des Wiechertschen Apparates einige Zeit unterbrochen werden), in Klammern gesetzt. Auch die Werte für Juni und Juli 1906 sind eingeklammert, weil in dieser Zeit die Horizontalpendel behufs Anbringung der neuen Heckerschen Luftdämpfung außer Betrieb gesetzt waren. Das Wiechertsche Seismometer registriert aber in Potsdam erheblich weniger Beben als die Horizontalpendel, weil es durch die hier sehr starken mikroseismischen Bewegungen andauernd in Unruhe versetzt wird, aus der sich Fernbeben von längerer Wellenperiode nicht genügend hervorheben.

Monatliche Häufigkeit der Fernbeben in Potsdam.

	1902	1903	1904	1905	1906	Mittel a	Mittel b
Januar . . .	—	28	14	13	30	21	20
Februar . .	—	24	21	15	32	23	**25**
März	—	22	28	22	29	25	24
April	11	24	30	26	27	23	23
Mai	3	28	17	26	20	19	18*
Juni	5	17	39	32	(9)	20	20
Juli	—	35	33	43	(12)	31	**30**
August . . .	36	(31)	27	24	38	31	**30**
September .	19	—	29	18	14	20	20
Oktober . .	19	(24)	23	27	19	22	21
November .	19	20	20	34	14	21	21
Dezember . .	11	18	22	35	9	19	18*
Jahr	—	—	303	315	253	290	

In Spalte b ist das Mittel auf einen 30tägigen Monat reduziert, um die einzelnen Werte vergleichbar zu machen.

Das Hauptmaximum fällt hiernach in den Juli und (oder) August, ein sekundäres in den Februar. Zwei gleichtiefe Minima sind vorhanden und fallen in die Monate Mai und Dezember. Das ist genau dieselbe Periodizität, wie sie Mazelles für Triest festgestellt hat. Auch dieser Forscher fand Maxima im August und Februar, Minima im Mai und Dezember.

[1]) Erdbebenwarte 7. .. 114.

„Erklären läßt sich," sagt Meißner, „ diese doppelte Periodizität am einfachsten, wenn man annimmt, daß auf beiden Erdhalbkugeln im Mittel in ihrem astronomischen Sommer ein Maximum von Beben stattfindet; das Februarmaximum ist dann deshalb niedriger, weil die schwächern Beben der Südhalbkugel die Apparate nicht mehr anregen, während dies gleichstarke Beben der Nordhalbkugel wegen der größern Nähe noch tun. Es ist sehr wohl möglich, daß im Durchschnitte tatsächlich im Sommer jeder Halbkugel mehr Beben vorkommen als im Winter, wenn sich auch die einzelnen Legenden, wie besonders aus der Bearbeitung der japanischen Erdbeben hervorgeht, recht verschieden verhalten.

Im Durchschnitte wurden in den drei Jahren 1904 bis 1906, in denen ständig wenigstens ein Apparat in Betrieb war, 290 Beben aufgezeichnet, also 0.8 Beben pro Tag oder je 1.26 Tagen ein Beben.

Mehrmals wurden zahlreiche Beben in kurzer Zeit beobachtet, vermutlich Erdbebenschwärme eines Herdes. Dies fand besonders statt am:

22.—24. August . . .	1902	innerhalb	46	Stunden	10	Beben.
6. November	1902	„	8	„	4	„
20.—21. Januar . . .	1903	„	18	„	5	„
15.—17. Mai	1903	„	40	„	8	„
25.—27. Juni	1904	„	46	„	12	„
23. Juni	1905	„	10	„	13	„
9. Juli	1905	„	8	„	7	„
23. Juli	1905	„	13	„	5	„
9. November	1905	„	20	„	5	„
4. Dezember	1905	„	12	„	7	„
25.—26. Januar . . .	1906	„	4	„	4	„
5.—6. April	1906	„	22	„	6	„
4. Juli	1906	„	8	„	4	„

Über die Erdbeben Nordbayerns verbreitete sich Dr. Jos. Reindl.[1]) Er führt die Aufzeichnungen über die Daten der Beben in den einzelnen Bezirken an und knüpft daran Bemerkungen über die Verbreitung und die Ursachen dieser Beben. Folgendes ist daraus hervorzuheben:

1. Fichtelgebirge und Böhmerwald. v. Gümbel glaubte, daß die in diesem Gebiete während der Tertiärzeit an einzelnen Stellen erfolgten Basaltaufbrüche in nicht sehr beträchtlicher Tiefe Zerbröcklungen des Gesteines veranlaßt haben, wodurch schwach unterstützte Stollen von solcher Gleichgewichtslage entstanden, daß die geringe Beeinflussung eine Lagerungsänderung derselben bewirken konnte, wie es z. B. durch meteorologisch starke Schwankungen möglich ist. Wir können uns dieser Annahme nicht anschließen, da sie die große Ausdehnung vieler Erdbeben nicht erklärt. Die Ursache mancher Böhmerwalderdbeben

[1]) Festschrift zum 16. deutschen Geographentage in Nürnberg 1907. p. 143.

mag allerdings auf einer räumlich ziemlich beschränkten Auslösung von Spannungen beruhen, welche in der Tiefe zwischen verschiedenen Gesteinen sich vollziehen, allein für die großen erz-fichtelgebirgischen Erschütterungen reicht die Gümbelsche Erklärung nicht aus. Wir müssen hier nach andern Gründen suchen. Schon seit dem Jahre 1875 wurde das Vogtland, das Nordfichtelgebirge und das nordwestliche Böhmen in bezug auf ihre Seismizität von einer Anzahl Geologen beobachtet, so von H. Credner, Knett, Becke und Uhlig. Danach wurde festgestellt, daß die Erdbeben des fichtelgebirgisch-egerländischen Gebietes in der Regel Schwarmbeben sind, Beben, bei denen die Zahl der Stöße binnen eines zwar verhältnismäßig kurzen, aber doch mindestens mehrere Tage oder gar Wochen andauernden Zeitraumes sehr groß ist, wobei auch die Bebenstärke erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Sehr interessant ist bei diesen Erdbebenschwärmen, wie Diener nachweist, die auffallende Verteilung der Stoßpunkte auf bestimmte Zonen innerhalb des erschütterten Gebietes. Wenn die Erdbeben des westlichen Erzgebirges, führt er aus, einen tektonischen Charakter besitzen, d. h., wenn wir sie uns entstanden denken wollen durch Krustenbewegungen an Dislokationen oder Störungslinien im Baue des Felsgerüstes, so müssen wir unter den Erdbeben solcher lange andauernden Schwarmperioden gerade derartige in großer Zahl erwarten, die durch Bewegungen in der Erdkruste an derselben Störungslinie entstehen und jedesmal dieselben in der Nähe befindlichen Ortschaften erschüttern. Solche bestimmte, wohl abgegrenzte Schütterzonen sind in dem egerländisch-fichtelgebirgisch-vogtländischen Bebengebiete in der Tat vorhanden, nämlich bei Graßlitz und bei Asch. Gerade letzterer Ort ist das Zentrum einer Schütterzone, deren Gebiet sehr oft das ganze Fichtelgebirge umfaßt. Die zahlreichen, oft das ganze Fichtelgebirge durchziehenden Störungslinien (siehe v. Gümbels geolog. Karte) machen es äußerst wahrscheinlich, daß wir es hier meist nur mit tektonischen Beben zu tun haben, die eine Folge der Auslösung von Spannungszuständen der Erdkruste sind.

Selbst für das Böhmerwaldgebiet trifft v. Gümbels Hypothese in den seltensten Fällen zu. Auch dieses Gebirge durchziehen zahlreiche, zum Teile oft sehr große Spalten und Verwerfungen. Die wichtigsten hiervon sind der Bayerische und der Böhmische Pfahl, und es kann bestimmt gesagt werden, daß diesen großen Verwerfungen auch die Erdbebenstoßlinien folgen.

2. Die Riesbeben. Das Ries war früher ein Vulkan. Jene vulkanischen Katastrophen zur Tertiärzeit haben den Boden bereitet, auf dem sich der gegenwärtige seismische Zustand herausbilden konnte und mußte. Es brauchen unsere in der historischen Zeit beobachteten Beben im Ries deswegen keine vulkanischen Beben im technischen Sinne zu sein, so daß also magmatischer Auftrieb die wahre Ursache der Erschütterung wäre; es genügt vielmehr

vollkommen, anzunehmen, daß durch die vulkanischen Kraftäußerungen einer längst vergangenen Zeit ein Zustand der internen Lockerung geschaffen ward, der bis zum heutigen Tage nicht gehoben ist, und zwar unter normalen Umständen nicht in die Erscheinung tritt, sich aber bei nur irgendwie günstiger Gelegenheit sofort zu erkennen gibt. Die Riesbeben sind also „vulkanisch-tektonische", oder, um einen Ausdruck W. Brancos zu gebrauchen, „unreine tektonische Beben". „Vielleicht würde es sich empfehlen," sagt Günther, „von gemischten Beben generell zu sprechen, da es sehr wahrscheinlich auch nicht an gelegentlichen unterirdischen Einstürzen fehlt, welche durch die mit der vulkanischen Aktion notwendig verbundenen Substanzverluste bedingt sind."

Es kommt aber auch nicht selten vor, daß im Rieskessel sich Bodenbewegungen vollziehen, die in andern Gegenden ihren Herd haben: Übertragungsbeben finden im Ries gewissermaßen eine bereitwillige Resonanz. Mögen die Erdbebenwellen aus dem Süden oder aus Osten und Westen herandrängen, immer wird das uralte habituelle Stoßgebiet rasch und entschieden in die Bewegung hineingezogen. Kein schweizerisches Beben, dem nicht auch eine Beunruhigung des Riesgeländes entspräche! Relaisbeben gehören also im Ries zu keinen Seltenheiten.

Um die Art und Gattung, sowie die Stärke und Dauer der Riesbeben festzustellen, wäre es nun wünschenswert, das Ries hinfort unter dauernder seismischer Kontrolle zu halten. Hierzu ist die Begründung einer Station zweiter Ordnung notwendig, aber auch hinreichend. Denn es kann sich nicht darum handeln, mikroseismische Fernbeben mittels jener exakten Pendelapparate zu registrieren, welche uns die Neuzeit zur Verfügung gestellt hat; es genügt vielmehr ein Instrument, welches in erster Linie die lokalen Nachbeben und in zweiter Linie die mikroseismischen Fernbeben festzuhalten geeignet ist.

3. Erdbeben im übrigen Nordbayern. Während wir im Böhmerwalde und im Fichtelgebirge die tektonischen Beben vorherrschend finden, treten uns im Jura neben den tektonischen auch Einsturzbeben entgegen. Letztere vollzogen sich und vollziehen sich noch im kalkigen Plateau und seinen Höhlen, erstere sind beschränkt auf jene Quer- und Längsspalten, die den Jura durchziehen. So ist namentlich der Jurabruch im Süden eine empfindliche Erdwunde. Ulm hatte Erdbeben in den Jahren 1737, 1755, 1766, 1769, 1778, 1796, 1828, 1889; Günzburg 1769, 1883, 1889; Dillingen und Höchstädt 1787, 1889; Donauwörth 1670, 1755, 1763, 1889, 1902, 1903, 1904; Neuburg 1763, 1889; Ingolstadt 1755, 1885, 1886. Viele dieser Beben waren Relaisbeben, die eben an dieser defekten Bruchstelle leicht wahrnehmbar wurden, doch manche davon hatten auch ihren eigentlichen Herd dortselbst, so z. B. dasjenige am 22. Februar 1889. Reindl rechnet dasselbe nicht, wie

v. Gümbel, zu den Einsturzbeben, sondern hält es für ein tektonisches. Schon die große Ausdehnung (bis Ulm) bürgt hierfür.

Die Ries- und Wörnitzspalte hat wahrscheinlich im Taubertale ihre Fortsetzung. Ob aber die vielen Erschütterungen im letzten Gebiete (Rothenburg o. T. 1102, 1514, 1519, 1556, 1690, 1727, 1756, 1793, 1902; Tauberbischofsheim 1834, 1873) mit dem Riesbeben im Zusammenhange stehen, konnte bis jetzt noch nicht erwiesen werden.

Eine ebenso große, aber in der jüngsten Erdzeit weniger Erdstößen ausgesetzte Querspalte des Jura-Triasgebietes ist die Welheim-Altmühl-Mainspalte, von Neuburg a. D. bis Gemünden am Main sich erstreckend. Hier fanden Erdbeben statt zu Eichstätt 1796, zu Treuchtlingen 1886 und zu Würzburg 841, 1138, 1607, 1807, 1846, 1872, 1891. Bei den übrigen hercynischen Querspalten dieses Gebietes scheint die Erdkruste seit längerer Zeit in Stagnation getreten zu sein, wenigstens haben wir bisher trotz eifriger Nachfrage keine Belege für eine entgegengesetzte Annahme gefunden. Die Erschütterungen von Erlangen (1756) und von Nürnberg (1670, 1690, 1769, 1770) dürften auf Übertragungsbeben, dagegen die ziemlich häufigen und kräftigen Beben zu Bamberg (1138, 1348, 1544, 1584, 1690, 1835) größtenteils auf tektonische Vorgänge zurückzuführen sein.

Die meisten Erdbeben im Rhönbezirke waren die Ausläufer größerer Beben aus entferntern Erdgegenden, namentlich aber der Rheinischen Beben. Doch waren einige davon auch lokaler Natur, namentlich die von der Kissinger Gegend. Die tektonischen Störungen in diesem Gebiete hörten nach der Pliozänzeit noch nicht auf, sondern reichten herein bis in die Quartärzeit. Sollten da ihre letzten Nachwirkungen nicht in den Erderschütterungen zu suchen sein, welche dieses Gebiet verhältnismäßig sehr häufig heimgesucht haben? Ohne Zweifel sind die unterirdischen Bewegungen, welche aus der Tiefe herauf ihre Wirkungen bis an die Oberfläche erstrecken, noch immer, wenn auch schwächer als in der Tertiärzeit, in Aktivität. Reindl glaubt die sichersten Anzeichen von einer Senkung zu haben, die sich im ganzen Gebiete vollzieht.

Erdbebenherde und Herdlinien in Südwestdeutschland. Hierüber äußert sich C. Regelmann in den Jahresheften d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 63. Jahrg., 1907, dahin, daß die glücklicherweise meist leichten Erdbeben dort doch zahlreicher sind, als man gewöhnlich annimmt, und daß sie ohne Ausnahme zu den tektonischen Beben zu rechnen sind. Noch immer liegen sowohl die Gebirgskerne wie das Schollenland in Württemberg unter einem tangentialen Drucke aus Südosten und Süden: die Alpen wollen vorrücken. Ganz sachte, aber beharrlich, schreiten die Ein- und Aufbiegungswellen von den Alpen aus nach Norden und Nordwesten hin unaufhaltsam fort. Die Erdbebenerscheinungen sind nichts anderes als Äußerungen

der unter den Füßen der Bewohner stattfindenden Gebirgsbildung; allenthalben in den Muldenlinien vollziehen sich Senkungen und in den Firstlinien Aufbiegungen. Jeder Akt der Fortsetzung der Vorgänge, welche die tektonische Situation Südwestdeutschlands geschaffen haben, muß sich an der Oberfläche als Erschütterungserdbeben bekunden. Neben dem Gebirgsbaue spielt die Gesteinsbeschaffenheit eine wichtige Rolle. Die mit ihren massiven Stielen in große Tiefen der Erdkruste hinabreichenden Eruptivgesteine, Granite, Basalte und dergleichen bedrohen in hervorragendem Maße die Bodenruhe. Die Häufigkeit der Erdbeben im Kaiserstuhl wie im Ries dürften sich wegen der tief hinabgreifenden Eruptivstiele auf diese Weise ebenfalls erklären lassen. Aber die Erdbebenwarten können nur dann ihre Aufgabe voll erfüllen, wenn im ganzen Lande von jeder fühlbaren Bodenerschütterung gute Lokalbeobachtungen eingesandt würden.

Schallphänomene beim Laibacher Erdbeben im Jahre 1895. L. Pestator hat[1]) in der ersten Nacht, welche diesem Beben folgte, unter seiner Tagestätte, anscheinend aus großer Tiefe kommend merkwürdige Schallerscheinungen aufgenommen. Zunächst Geknister wie das Gewehrgeknatter einer übenden größern Truppe aus weiter Ferne. Zuerst war es wie das Fallen einzelner Schüsse, dann wie rasche Schüsse nacheinander, später wie Massenfeuer, um im Verlaufe von ein bis zwei Minuten allmählich so zu verlaufen, wie es aufgetreten ist.

Dies wiederholte sich in der ersten Nacht in Intervallen von etwa fünf bis zehn Minuten. Der Vorgang machte auf ihn den Eindruck, als müsse er von unterirdisch stattfindenden Abbröcklungen und Einstürzen herrühren. Doch war die ganze Erscheinung nur bei scharfem Hinhorchen wahrnehmbar und bei der damaligen allgemeinen nervösen Überreizung hielt er es für möglich, alles, was er zu hören glaubte, sei nur Sinnestäuschung, doch wurde das Geräusch auch von andern Personen vernommen.

Das Auftreten dieses Geräusches fand von Nacht zu Nacht seltener statt und hörte beiläufig in der achten Nacht ganz auf.

Die Erdbeben Ungarns im Jahre 1906.[2]) Nach der Bearbeitung von A. Réthly wurden in diesem Jahre in Ungarn in 75 Fällen, an 73 Tagen Erdbeben mit elf verschiedenen Epizentren wahrgenommen. (Am 10. Februar sogar an zwei Orten.) Die größte Bebetätigkeit entfaltete sich am 10. Januar mit dem Epizentrum in Jókeö, wo an 63 Tagen Bebeerscheinungen wahrgenommen wurden.

Die Epizentren verteilen sich nach Ort und Zeit unter Zugrundelegung der Gebirgssysteme nach Dr. v. Lóczy folgendermaßen:

---

[1]) Erdbebenwarte 1907. p. 85.

[2]) Die Erdbeben in Ungarn 1906. Offizielle Publik. d. K. Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus. Budapest 1907.

Gruppe oder Gegend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
I. Karpathen:													
1. Nordwest	10, 15, 16, 17, 19, 20	4, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28	1, 2, 3, 8, 9, 13, 16, 25, 31	1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 23, 24, 25	10, 12, 15, 31	1, 2, 5, 7, 20	5	8, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 25	6, 11	—	—	—	64
2. Zentral	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	1
3. Nordost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Ost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Süd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II. Ung. Mittelgebirge	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	1
III. Bihargebirge	—	—	—	29	—	23	—	—	—	—	—	—	2
IV. Krassó-Szörény Gb.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V. Südw. Inselgebirge	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI. Alpenausläufer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	1
VII. Dinarer Alpen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII. Ungarische Alpen	2	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
IX. Erdélyer Becken	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X. Gr. Ung. Tiefebene	—	—	—	—	—	—	25	12	—	—	—	—	2
XI. Kl. Ung. Tiefebene	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XII. Meeresufer	—	—	—	20	—	—	6	—	—	—	—	—	2
Zusammen Tage:	7	15	9	17	4	6	3	10	2	1	0	1	75

Stärkegruppierung der Erdbeben:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
IX°	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
VIII°	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
VII°	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
VI°	—	—	1	3	—	—	—	1	—	—	—	—	5
V°	—	3	5	3	1	1	2	1	—	—	—	—	16
IV°	1	4	3	6	2	3	—	2	1	—	—	—	22
III—IV°	3	6	—	4	—	2	1	1	—	1	—	1	19
Getöse	—	2	—	—	1	—	—	5	1	—	—	—	9

Die stärksten waren die Erdbeben IX. Grades zu Jókeö am 10. und 16. Januar. An dritter Stelle folgt jenes von Muraköz am 2. Januar, an vierter das im Biharer Gebirge (VII°).

Im Durchschnitte herrscht der Monat Januar vor, mit Rücksicht aber auf die sehr zahlreichen Nachbeben zu Jókeö im Januar, die als durch das Hauptbeben vom 10. Januar ausgelöst zu betrachten sind, gebührt dem Januar in jeder Hinsicht die erste Stelle.

Beim Verteilen der Häufigkeit auf die Jahreszeiten ergeben sich mit und ohne Ausschaltung der Nachbeben:

	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
Gesamterscheinungen	22	30	20	3
Ohne Nachbeben . .	6	2	5	1

Die 75 Beben treten in 110 Stößen zutage, deren Verteilung auf die Tageszeiten ist:

0^h —6^h	6^h —12^h	12^h —18^h	18^h —24^h
46	20	14	30

Das westungarische Erdbeben von Jókeö am 10. Januar 1906. Hierüber macht A. Réthly interessante Mitteilungen.[1]) Das Epizentrum war Jókeö; die Grenze des Schüttergebietes bilden Kapuvár, Ersekujvár, Körmöcbánya, Trencsén in Ungarn und in Österreich Ybbs a. D. Die Heftigkeit der Erschütterung auf der Hauptschütterzone, wo an vielen Orten Häuser einstürzten oder unbewohnbar wurden, betrug nach der Skala Forel-Mercalli IX°. Dieses Erdbeben ist schon aus dem Grunde bemerkenswert, weil es in einer Gegend auftrat, die bisher von Erdbeben ziemlich verschont blieb. Am 10. Januar 1906 und in schwächerer Wiederholung am 16. Januar fand ein so heftiges Beben statt, daß südwestlich von Jókeö 80 bis 200 *cm* tiefe Risse im Boden entstanden, deren längster 33 *m* betrug.

Die ganze abgerutschte Erdfläche ist halbkreisförmig, 56 *m* lang und 43 *m* breit und von Rissen, Sprüngen und Löchern durchsetzt. Obenauf liegt Humus, unten eine Sandschicht; das durch das Erdbeben veränderte Gelände liegt an einer welligen Berglehne.

A. Fixek, Notar in Jókeö, der sich um die Beobachtung der Einzelheiten des Erdbebens sehr verdient machte, teilt folgendes über eine Beobachtung mit, die an der Dynamo der dortigen chemischen Fabrik gemacht wurde. Man bemerkte, daß während der Dauer des Bebens, welches besonders lange währte, die elektrischen Lampen versagten, als wäre die ganze elektrische Energie der Dynamo entzogen worden. Solches Versagen tritt auch bei normalem Betriebe ein, wenn durch anderweitige Kraftabgabe die Dynamo überlastet wird.

[1]) Erdbebenwarte 7. p. 36.

An jenem Tage während des Erdbebens wurde die Dynamo gar nicht anderweitig in Anspruch genommen, und dennoch versagten die Lampen. Der Transmissionsriemen an der Maschine schlug zusammen, was gleichfalls nur bei Überlastung zu geschehen pflegt. Hieraus wird es wahrscheinlich, daß die elektrische Energie durch das Erdbeben irgendwie entzogen wurde. Beim Beben am 16. Januar wurde dieselbe Beobachtung gemacht; da das Beben wohl heftig, aber von sehr kurzer Dauer war, trat die Erscheinung nicht so klar zutage. Bei schwachem Beben beobachtete man diese Erscheinung nicht.

In der ungarischen meteorologischen Zeitschrift „Az Idöjárás" 1906 schreibt v. Büky über das Verhalten der magnetischen Elemente am 10. Januar folgendes: „Als bemerkenswerte Beobachtung erscheint es uns, daß an den magnetischen Kurven, beiläufig eine Stunde vor dem Erdbeben, eine starke, plötzliche Unregelmäßigkeit auftrat. Wir behaupten nicht, daß es eine vorlaufende magnetische Wirkung des Erdbebens sei, die Möglichkeit ist aber nicht von der Hand zu weisen, daß Erdbeben und magnetische Störung von derselben Ursache herrühren."

Erwähnenswert ist noch, daß außer am 10. Januar (nachts $12^h\ 06^m$ MEZ.) in Jókeö noch an 63 Tagen Erschütterungen beobachtet wurden, und zwar Stöße und unterirdisches Getöse. Die Gesamtzahl der beobachteten Erscheinungen beträgt 99. Davon entfallen auf den 16. Januar sechs, 25. Februar vier, 7. April fünf, 9. April abermals vier stärkere Stöße. Von da an verminderte sich die Bebentätigkeit, so daß man am 11. September das letzte beobachtete Beben verzeichnete. Intensität und Häufigkeit der Beben nahmen ab.

Aus den Intensitätsangaben berechneten Em. v. Jánosy und Zoltán v. Vargha mit Hilfe der von Kövesligethy aufgestellten Cancanischen Gleichungen die Herdtiefe des Erdbebens von Jókeö und fanden dafür den Wert von ungefähr 10 *km*. Der Absorptionskoeffizient berechnete sich auf 0.13 bis 0.04 pro Kilometer.

Für das Erdbeben vom 16. fand Verfasser als Herdtiefe 0, oder besser eine verhältnismäßig so geringe Tiefe, daß dieselbe gleich 0 zu setzen gestattet ist, für den Absorptionskoeffizienten den Wert von 0.052 pro Kilometer.

Erdbeben in Serbien 1905. Prof. J. Michailovitsch von der Universität in Belgrad teilt hierüber folgendes mit.[1]) Im Jahre 1905 wurden in Serbien an 55 Tagen 177 Erdbeben festgestellt. Die Verteilung dieser Beben auf die einzelnen Monate ist aus folgender Übersicht zu ersehen:

[1]) Erdbebenwarte 1907. p. 45.

Monat	Erdbebentage	Erdbeben
Januar	18	82
Februar	6	7
März	5	5
April	1	3
Mai	4	6
Juni	2	7
Juli	4	18
August	3	10
September	2	5
Oktober	1	10
November	9	24
Dezember	—	—
Jahr	55	177

Das kalabrische Erdbeben am 8. September 1905 bildete den Gegenstand einer Studie von G. Mercalli.[1]) Hiernach gingen demselben zwei schwache Stöße im Basilikatagebiete zwischen dem 3. und 8. September vorauf, ferner eine etwas verstärkte Tätigkeit des Stromboli, sowie eine schwache Erschütterung in Westkalabrien am 29. August. Auch erhöhte sich der Schwefelwasserstoffgehalt der heißen Quellen von Sambiase (Nicastro). Eine schwache Erderschütterung machte sich fernerhin in dem ganzen betroffenen Gebiete etwa eine Stunde vor dem großen Erdbeben bemerkbar. Dieses Gebiet hat eine Länge von ungefähr 100 *km* und eine Breite von etwa 40 *km*. Es wird durch eine schmale Zone, in der das Erdbeben nicht den Grad eines „verheerenden" erreichte, in zwei Teile geschieden, die ziemlich gleichzeitig betroffen wurden.

Das gesamte Gebiet, in dem man das Erdbeben fühlte, umfaßt ganz Süditalien südlich von Sena Arunca. Es erscheint in Form einer Ellipse, deren Hauptradius in N—S-Richtung liegt. Das Epizentrum dieses Bebens muß sehr tief gelegen sein, denn seismographisch wurde es gespürt in ganz Europa, auf den Philippinen, in Japan, Toronto (Kanada) und am Kap der guten Hoffnung.

Die Haupterschütterung war eine sehr lange, sie währte zum mindesten 40 Sekunden und gliederte sich in drei Phasen stärkster Erschütterung. Die zweite davon war die längste und die am ausgesprochensten wellenförmige, aber die stärkste war die dritte. Während derselben trat auch ein plötzlicher Wechsel der Richtung ein, so daß eine Art Wirbelbewegung entstand, die die Hauptursache des Häusereinsturzes ward. In der ersten Phase überwog die Vertikalkomponente.

Alle diese Erscheinungen finden ihre Erklärung darin, daß die Erdbebenwellen eine Reflexion erlitten an der mächtigen Formation kristalliner Gesteine, die in diesem Gebiete zutage tritt, und daß das Epizentrum im Laufe des Bebens sich verschob.

---

[1]) Compt. rend. 1907. **144**. p. 110. — Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 18.

Die größten Schäden entstanden in den Ortschaften, die an den Berghängen oder auf einzelnen isolierten und wenig hohen Geländekuppen liegen, sowie in denen, die auf den pliozänen Sanden, der miozänen Molasse und auf den alluvialen Böden und Schutthängen erbaut sind, kurz überall auf natürlich oder künstlich bewegtem Terrain oder da, wo die kristallinen Gesteine bis zu großer Tiefe verwittert sind. Am heftigsten war im übrigen die Gewalt des Erdbebens in der Zone der Berührung der kristallinen und der tertiären, bzw. quartären Bildungen.

Die beiden Epizentren lagen einmal im Gebiete von Monteleone und zum andern südöstlich des Tales von Crati. Dafür, daß zwei Epizentren vorhanden waren, spricht auch der Umstand, daß ein Teil der spätern Nachbeben teils nur hier, teils nur dort gespürt wurde.

Wie auch bei den frühern Beben, erfolgte die Erderschütterung in der Richtung von Kalabrien nach den äolischen Vulkanen hin; es ist also ausgeschlossen, daß der Stromboli die Ursache des Bebens gewesen ist. Gleichwohl hat auch dieser Vulkan, kurz vor und kurz nach dem Beben eine erhöhte Tätigkeit gezeigt, und auch der Vesuv hatte am Morgen des 8. September reichlichere Lavaergüsse.

Das Meer war ruhig und ebenso die Luft; infolge des Bebens trat aber an der ganzen mittlern kalabrischen Küste eine Flutwelle auf bis zu 1,30 *m* Höhe über das normale Niveau. Dieselbe war bis Ischia hin zu verspüren.

Andere Wirkungen waren eine erhöhte Tätigkeit einzelner kleiner Schlammvulkane, ein vermehrter Ausfluß der Thermen von Sambiase und eine Erhöhung ihrer Temperatur, lokale Spaltenbildungen im Boden unter Austritt von Wasser oder Schlamm, sowie ein Übertreten von Quellen und Brunnen. Nur in einzelnen Fällen hingegen trat eine Verminderung des Wassers oder ein Verschwinden desselben ein. Im allgemeinen waren aber alle diese Erscheinungen nur von kurzer Dauer.

Das Erdbeben von Accra in Togo am 20. November 1906 ist von Dr. Koert beschrieben worden.[1]) Es begann gegen 9 Uhr abends mit einem heftigen Stoße, dem während mehrerer Tage andere in geringerer Stärke folgten. Im Westen von Togo war die Bebenwirkung im Binnenlande auffallend stärker als an der Küste. Die größte Intensität scheint das Beben in Ho erreicht zu haben, also an dem Accra verhältnismäßig am nächsten gelegenen Beobachtungsort, dessen Untergrund ebenfalls felsig ist. Das Beben äußerte sich dort in einem zweimaligen starken Erzittern des Bodens und war mit starkem Donner und brausendem Geräusche verbunden.

---

[1]) Amtsblatt für Togo 1907. Nr. 5. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde Berlin 1907. Nr. 8. p. 557.

Jenseits des Togogebirges wurde das Beben noch deutlich auf der Missionsstation Akpafu wahrgenommen.

Merklich schwächer waren die Äußerungen des Erdbebens im Osten von Togo. In Anecho wurde dasselbe nur von einzelnen Personen als leichte Erschütterung gespürt, in Tokpli am Monu erzitterte das Stationsgebäude, und Teller und Gläser klirrten. In Atakpame ist ebenfalls ein Beben von kurzer Dauer wahrgenommen worden, dagegen ist im Sokodébezirk und in Mangu keine Spur eines Bebens bemerkt worden.

Das Erdbeben von Accra ist also über einen Küstenstreifen von mindestens 350 *km* Länge, zwischen Sekondi und Anecho, und von etwa 200 *km* Breite beobachtet. Die Erscheinung gehört unzweifelhaft zu den tektonischen Beben, d. h. solchen, die durch Verschiebungen der Erdkruste zustande kommen.

Das Erdbeben von Charleston am 31. August 1886 ist bereits früher von E. Harboe vom Standpunkte des von ihm aufgestellten Prinzips der Herdlinien kurz betrachtet worden.[1]) Er kommt nunmehr auf dieses Erdbeben zurück[2]), um zu ermitteln, was dies anscheinend recht komplizierte Herdliniennetz über die in der Erde vorgegangenen Bewegungen lehrt. Das Ergebnis ist folgendes:

„Nach dem Gesamtbilde der Herdlinien im Vereine mit einzelnen andern Verhältnissen, wie den Resultaten der Untersuchungen W. Tuttles über Schwankungen des Meeresspiegels in der Nähe von New-York und den wohlbekannten, von einer stattfindenden Senkung zeugenden Verhältnissen im sogenannten „Sink Country“ um den Mississippi, ist das Erdbeben als ein Senkungsbeben zu betrachten. Eine Senkung hat sich rings um Charleston ausgebreitet, mit dieser Stadt oder deren nächsten Umgebung zum Zentrum, und sich bis ganz an das Alleghenygebirge wie auch um das S-Ende desselben erstreckend.“

„Das Herdliniennetz zeugt von dem Funktionieren einer fortlaufenden Reihe von Senkungsfeldern, von denen doch nur das um Charleston von hervorragender Bedeutung ist, welche von den Gegenden S von New-York sich erst gegen SW und dann gegen W, N und NE um das Alleghenygebirge bis zu den Gegenden um das S-Ende des Champlainsees oder N von New-York ausdehnte. Daß die Lokalbeben als Relaisbeben durch die vom Hauptbeben ausgegangenen Erschütterungen erzeugt sein sollten, scheint nicht wohl mit den ziemlich großen Zeitdifferenzen für das Entstehen der Beben übereinstimmen zu können, vielleicht das erste Lokalbeben ausgenommen, wenn dieses nicht vielleicht schon vor dem Hauptbeben eingeleitet sein sollte, was die Zeitangabe vermuten läßt. Auch

---

[1]) Dieses Jahrbuch **12**. p. 244.

[2]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1907. **9**. p. 105.

scheinen die Beben nicht durch eine Hebung des Alleghenygebirges veranlaßt sein zu können, obwohl die Wahrscheinlichkeit einer kleinern derartigen Hebung sich kaum ganz ausschließen läßt. Die allmähliche Verlängerung der Herdlinien vom einen Senkungsfelde bis zum andern dürfte dagegen davon zeugen, daß die Lokalbeben hauptsächlich durch Gleichgewichtsstörungen, die das Hauptbeben in den Massen der Erdrinde verursacht hat, erzeugt sind."

„Es ist wohl selbstverständlich," fährt Harboe fort, „daß die durch Erdbeben entstehenden Brüche in der Erdrinde vorzugsweise mit denjenigen Linien zusammenfallen, längs welchen die Erdrinde am schwächsten ist, und hierzu müssen die ältern, noch nicht ganz geheilten Bruchflächen gerechnet werden. Man kann sich selbst sagen, daß sich in allen Ländern unzählige solche Bruchflächen finden müssen, in mehrere oder wenigere Systeme eingeordnet, indem die betreffenden Bruchflächen in jedem derselben gegenseitig parallel oder fast parallel sind. Einige dieser Bruchflächen können größere oder kleinere Verwerfungen bilden, während die weit überwiegende Mehrzahl derselben nur „joints" bilden. Einige der Bruchflächen können in der Erdoberfläche mehr oder weniger stark hervortreten, und besonders längs solchen werden eventuelle Erdbebenwellen besonders fühlbar werden, weil sie hier bei gleichzeitiger Verminderung ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit stark an Intensität gewinnen. Daß eben diese Bruchflächen in ihren tiefern Teilen noch so weit von dem zusammengewachsenen oder geheilten Zustande wären, daß sie eigentliche Schwächungslinien bilden sollten, die eventuelle, neue Brüche fördern könnten, dürfte keineswegs sicher sein. Die beiden Umstände brauchen gar nicht in gegenseitiger Beziehung zu stehen. Außerdem kann man wohl sagen, daß die Bruchflächen so gut wie niemals ganz senkrecht sind, sondern gewöhnlich einen größern oder kleinern Winkel zur Lotlinie bilden. Endlich ist noch zu bemerken, daß die Bildung neuer Bruchflächen in der Erdrinde keineswegs den frühern, geologischen Zeiten vorbehalten sein kann, sondern daß solche auch in der Gegenwart entstehen müssen, und ferner noch, daß wahrscheinlich gerade die höhern Teile der Gebirge besonders von Bruchflächen durchquert werden, während sie trotz dieses Umstandes doch als verhältnismäßig besonders stabil hervortreten, was darlegt, daß sie verstärkte Teile der Erdrinde sind.

Das Resultat dieser kurzen Entwicklung ist, daß die durch, die Erdbeben der Gegenwart in der Erdrinde entstehenden Bruchlinien, mithin die Herdlinien der Erdbeben, wohl geneigt sein dürften, kürzere oder längere Strecken hindurch parallel zu ältern, bereits vorhandenen Bruchliniensystemen zu verlaufen, daß sie jedoch keineswegs immer dazu gezwungen sind, und daß es keineswegs begründet ist, sie, wie Hobbs und Montessus de Bellore es wollen, eben in denjenigen ältern Bruchlinien zu suchen, in welchen die

Intensität an einzelnen Stellen am stärksten hervorgetreten ist, das heißt in den von Hobbs erwähnten ‚seismotektonischen Linien'."

Das Erdbeben von Jamaika am 14. Januar 1907. An diesem Tage wurde die genannte Insel und besonders die Stadt Kingston von einem heftigen Erdbeben heimgesucht. Die Verheerungen, welche direkt durch die Bodenerschütterungen verursacht waren, wurden, ähnlich wie in San Franzisco und Valparaiso, durch ausbrechende Feuersbrünste sehr wesentlich vergrößert. Über Einzelheiten in dieser Beziehung haben die Tagesblätter ausführliche, wenngleich teilweise einander widersprechende Berichte gebracht. Auch über die Veränderungen der Küste bei Kingston und der Tiefe des Hafens sind zuverlässige Mitteilungen zurzeit noch nicht vorhanden, doch scheint so viel sicher, daß Veränderungen dieser Art wirklich stattgefunden haben. Jamaika ist seit jeher wegen der dort bisweilen stattfindenden Erdbeben berüchtigt; auch wurde das heutige Kingston erst zur Hauptstadt der Insel erhoben, nachdem die frühere Hauptstadt Port Royal im Juli 1692 von einem Erdbeben zerstört worden war.

Das damalige Erdbeben scheint übrigens erheblich heftiger gewesen zu sein als das jüngste. Nach Mitteilungen von Augenzeugen, welche jene Katastrophe miterlebt haben, wurden die Menschen durch die Wucht der Stöße vertikal emporgeschleudert; der Erdboden bewegte sich wie die Oberfläche der rollenden See, geriet ins Wogen, und es öffneten sich plötzlich Tausende von Spalten, in welche die Menschen hineinstürzten oder bis zur Brust stecken blieben, aus welchen Männer und Frauen nur mit dem Kopfe herausragten. Bei der nächsten Erdbebenwelle wurden sie zerquetscht, zermalmt.

Das Meer wälzte sich über das Land. Die Fregatte „Swan", die behufs Reparatur im Hafen verankert war, wurde losgerissen, über Gassen und Häuser gehoben, bis sie auf ein Dach niederstürzte und mit dem Hause zusammenbrach. Port Royal, das mehr Häuser zählte als alle andern Orte auf Jamaika zusammen, sank größtenteils, mit drei Vierteln der Bevölkerung, ins Wasser, das 24 bis 48 *m* hoch stieg. In der Nähe von Port Royal versank binnen einer Minute ein Landstück von mehr als tausend Joch; es entstand sofort ein See. Die Häuser gerieten ins Wanken, so daß die Hauptstraße plötzlich auf das Doppelte verbreitert wurde.

Hervorragende Geologen führten die Katastrophe darauf zurück, daß der größte Teil der Stadt auf neu angeschwemmtem Boden und auf Piloten gebaut war; der lose Sand bot keine Stütze gegen die heftigen Erdstöße. Der englische Admiral Hamilton berichtete, daß er im Jahre 1780 die gesunkenen Häuser auf dem Meeresboden gesehen habe; ebenso ein anderer Marineoffizier im Jahre 1793. In den Jahren 1824 und 1835 haben Seeleute, welche Sondierungen vornahmen, noch Häuser in der Tiefe des Wassers gesehen.

Auch im Norden der Insel, welche diesmal ganz verschont geblieben zu sein scheint, richtete das Erdbeben große Verwüstungen an. Plantagen wurden samt den Bewohnern vom Wasser verschlungen; als die Fluten sanken, blieben nur Sand und Schotter zurück. Eine Pflanzung wurde 700 *m* talabwärts getrieben; auf dem neuen Standorte wuchs die Ernte fort. Flußmündungen wurden durch Erdmassen verstopft; erst nach neun bis zwölf Tagen bahnten sich die Flüsse neue Wege und schleppten Unmassen von Holzstämmen ins Meer, welche entrindet und der Zweige beraubt waren.

Furchtbar war der Anblick der Hügel und Berge, von denen die ganze reiche Pflanzendecke mit dem Humus abrutschte und verschwand, so daß das nackte Kalkgebirge bloßlag. Das war 1692.

Bei dem jüngsten Erdbeben am 14. Januar 1907 sollen die Erschütterungen 36 Sekunden gedauert haben. Die Stadt schwankte wie ein Schiff auf bewegtem Meere; Gebäude stürzten ein, und Staubwolken hüllten die Stadt in Halbdunkel. Die Einwohner flüchteten schreiend und zum Teile mit blutenden Wunden bedeckt, aus den Häusern. Als die Staubwolken sich verzogen, stiegen schwarze Rauchwolken auf, dann schossen Feuergarben empor, und in einer halben Stunde brannte das ganze Geschäftsviertel.

Der Mittelpunkt der Erderschütterung befand sich nach Berichten aus Jamaika, die freilich nicht von Fachmännern herrühren, in Kingston, während die Umgebung nach den Bergen zu weniger in Mitleidenschaft gezogen wurde. Ein Automobilfahrer fand seinen Weg durch eine klaffende Erdspalte getrennt. Dagegen konnte der Insasse eines Landhauses, drei Meilen von der Stadt, nachdem er sich überzeugt hatte, daß sein Holzhaus keinen Schaden litt, von seiner Veranda aus mit der Uhr in der Hand das Schauspiel des Erdbebens beobachten. Die Dauer des Bebens gibt er im Gegensatze zu frühern Berichten auf 18 bis 20 Sekunden an. Er sah das Wanken der Gebäude, die schnell in eine Staubwolke gehüllt wurden, bis aus dieser die Flammen der beginnenden Feuersbrunst hervorschossen. Zu gleicher Zeit sah er vom Meere eine Flutwelle heranstürmen, die sich über den Hafenkai ergoß. Die Stadt selbst bildete nach Ablauf des Bebens ein ungeheueres Trümmermeer. Holzhäuser und solche, die ein Stahlgerippe besaßen, widerstanden besser als die Fachwerkbauten, deren Steine aus dem Geäder des Fachwerkes herausfielen und deren Gebälk zersplitterte. Alles, was sich in den Gebäuden befand, wurde von den Trümmern verletzt und suchte schleunigst das Freie zu gewinnen. Natürlich kamen die Gebäude, in denen sich gerade viele Menschen befanden, am übelsten davon, so die Ladengeschäfte, die um diese Zeit, zwischen 3 und 4 Uhr nachmittags, ziemlich belebt waren, ebenso verschiedene Schulen. Im Militärhospital fanden 46 Menschen ihren Tod, während es nur einem Offizier und zwei Zivilpersonen gelang, sich zu retten. Diejenigen Verschütteten, die sich hinauszuschleppen vermochten, begegneten draußen neuen

Gefahren in Gestalt von Drähten der Straßenbahnen, denn die elektrische Kraftquelle versagte den Dienst nicht, und bei der allgemeinen Kopflosigkeit dachte niemand daran, sie abzustellen. Die Feuersbrunst brach gleich nach dem Beginne des Bebens in dem Postgebäude aus und verbreitete sich blitzschnell. Nur dem durch die Hitze veränderten Windzuge ist es zuzuschreiben, daß nicht die ganze Stadt verbrannte. Der Südteil südlich von Northstreet wurde so völlig eingeäschert, daß nachher die frühern Straßenzüge nicht mehr zu erkennen waren. Es sah aus, sagt ein Augenzeuge, als ob der Wagen des indischen Gottes Dschaggernaut die ganze Stadt niedergewalzt hätte.

Prof. Belar, der Vorsteher der Erdbebenwarte in Laibach, äußerte sich über die Katastrophe wie folgt[1]): „Die erste Meldung der Kingstonkatastrophe brachten die Erdwellen, welche den kürzesten Weg durch die Erde hindurch nach Laibach eingeschlagen hatten. Um unsere Warte zu erreichen, benötigten sie ungefähr 700 Sekunden = 11 Minuten 40 Sekunden, und die Weglänge, die sie durchlaufen mußten, gemessen nach der Sehne des größten Kreises der Erde, beträgt etwas mehr als 7000 *km*. Das sind dieselben Stoßgruppen, welche über dem Herde die Vernichtung angerichtet haben. Nun aber hat die wogende Erdoberfläche von diesem Gebiete über die ganze Erdoberfläche hinweg ihre Wellen gezogen. Es sind ganz ähnliche Bewegungen, allerdings viel subtiler, als wir sie auf der Wasseroberfläche zu sehen gewohnt sind, wenn wir durch einen Steinwurf die Gleichgewichtsverhältnisse der leichtbeweglichen Wasserteilchen stören. Auf der Oberfläche entwickeln sich dann die Wellen. Die Wellenberge zeichnen sich an der Herdstelle durch eine beträchtliche Höhe aus; je weiter sie sich jedoch vom Herde entfernen, desto mehr verflachen sie, und aus der auf und ab gehenden Bewegung der Bodenteilchen wird schließlich — man könnte sagen — eine hin und her schiebende Bewegung, welche, wenn die Intensität an der Herdstelle groß genug ist, an allen Punkten der Erde unsere Apparate zum Ansprechen bringt. Während am Herde selbst bei Erdbebenbeobachtungen die einzelnen Stoßgruppen, bestehend aus zweierlei Wellensystemen, noch vollkommen ineinandergeschachtelt sind, beginnen sich schon auf Entfernungen von einigen hundert Kilometern die Wellensysteme zu trennen. Der Grund ist darin zu suchen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten dieser beiden Wellensysteme verschieden groß sind, ähnlich etwa wie zwei parallel laufende Züge mit verschiedener Geschwindigkeit desto größern Abstand voneinander gewinnen, je länger sie ihre Fahrt fortsetzen. Auf die mit rasender Geschwindigkeit dahineilenden Erdwellen folgt eine Stoßreihe von rasch sich fortbewegenden Oberflächenwellen als Echo aller Erdstöße, welche im weitern Umkreise des

[1]) Neueste Erdbebennachrichten 8. Nr. 3. N. F.

Hauptschüttergebietes ausgelöst wurden, das Bild des Bebens wiederholend. Nach diesen kommen dann die Oberflächenwellen aus der Hauptschütterzone mit der größten Intensität an den verschiedenen Warten an. Diese sich dreimal wiederholenden Bebenbilder könnte man am besten vergleichen mit gleichlautenden Tonfolgen auf einem Klavier. Man denke sich in der höchsten Oktave etwa einen Dreiklang recht zart angeschlagen, und gleich darauf wiederhole man immer kräftiger diesen Dreiklang auf der nächsten Oktave und so fort, so hat man ein ganz gutes Bild, in welcher Ordnung die Wellensysteme auf unsere Apparate einspielen."

„Vergleicht man die Bebenbilder von Valparaiso und San Francisco, welche 12 000 *km*, bzw. 10 000 *km* von uns entfernt sind, mit jenen von Kingston, so fällt es zunächst auf, daß dieses jüngste Beben, obwohl nur 8000 *km* von uns entfernt, ungemein schwache Spuren auf den Instrumenten in Europa zurückgelassen hat. Vergleicht man anderseits die Nachrichten über die Wirkungen aus Kingston, die die Katastrophe nicht schwächer als an jenen beiden früher genannten Orten erkennen lassen, so ergibt sich dafür als einzig mögliche Erklärung, daß der Herd des jüngsten Bebens bedeutend seichter war als bei den andern Weltkatastrophen, daß also bei der Kingstonkatastrophe keine umfangreichern Erdrindenstücke in Bewegung geraten sind. Die Erfahrung lehrt, daß, je tiefer der Herd eines Bebens, desto ausgedehnter das Zerstörungsgebiet auf der Oberfläche und desto nachhaltiger die Wirkung auf die gesamte Erdrinde ist. Unsere Annahme findet auch Bestätigung durch die Nachrichten über den jüngsten Bebenherd, denn man darf aus den bisherigen Berichten schließen, daß nur ein verhältnismäßig kleines Landgebiet der Zerstörung ausgesetzt war. Auch der Umstand, daß große Niveauveränderungen im Gelände des Hauptschüttergebietes aufgetreten sind, die noch fortdauern sollen, deuten darauf hin, daß die Schichtenstörung bei Kingston keineswegs in sehr bedeutender Tiefe stattgefunden hat."

Das Erdbeben von San Jacinto (am 25. Dezember 1899) in Südkalifornien. Nach den frühern Angaben von E. W. Claypole wurde der Hauptstoß den ganzen südlichen Abhang des Sierra Madregebirges entlang um 4 Uhr 25 Minuten vormittags am 25. Dezember 1899 wahrgenommen; seine Dauer wurde auf 30 Sekunden bis 1 Minute geschätzt. Das Erdbeben wurde bis auf eine Entfernung von 150 englische Meilen landeinwärts beobachtet; die entfernteste Stelle war Needles am Colorado River, wo die Erschütterung in NO—SW-Richtung sich um 4 Uhr 35 Minuten vormittags einstellte. Nachbeben wurden binnen der nächstfolgenden zebn Tage bemerkt. In Banning im San Gorgoniopasse wurde die katholische Schule leicht beschädigt. Vom Nebengipfel des San Jacintogebirges, Red Tahquitz genannt, stieg eine Staub- oder Rauchsäule empor, die sich vielleicht beim Herab-

stürzen irgendwelcher Felspartien gebildet hat. In der Stadt San Jacinto litten besonders die Nord- und Südwände der Häuser; die große Verheerung, welche das Erdbeben hier anstiftete, scheint jedoch hauptsächlich durch die leichte Bauart der Gebäude verursacht gewesen zu sein. Die Erdbebenwelle war eher kurz und hoch als lang und niedrig mit kleiner Amplitude. Das sind kurzgefaßt die einzigen Nachrichten, welche Claypole über die Verbreitung und Wirkungen des Erdbebens gesammelt hat, obgleich er San Jacinto selbst bald nach der Katastrophe besucht hatte.

Dr. Jiří V. Daneš benutzte 1906 einen sechswöchentlichen Aufenthalt in der Gebirgsgruppe San Jacinto Mountains, um weitere Nachrichten über das Erdbeben zu gewinnen. Hiernach hat dasselbe im Terrain dort eine sehr deutliche Spur hinterlassen, und zwar in dem Schuttrücken, welcher zwischen der mittlern Partie des San Jacintoflußtales und dem Tale des Bautiste Creek sich erhebt. Vom Bautiste Creek führte ein Pfad über diesen Rücken nach Südosten zu, und gerade dieser Pfad wurde an der Stelle, wo er die Wasserscheide zwischen beiden Tälern kreuzt, von einem Einsturzgraben unterbrochen, welcher in der Richtung NW—SO durchläuft und auf eine Entfernung von etwa zwei englischen Meilen sich verfolgen läßt.

Der Einsturzgraben liegt auf der östlichen Seite der Wasserscheide, jedoch so parallel mit derselben, daß bis jetzt nur ein kleiner Teil derselben von der zurückgreifenden Erosion der Torrents, welche nach starken Regengüssen dem San Jacintoflusse zufließen, angegriffen wurde. Seine Breite und Höhe wechseln stark. Der höhere Westabhang ist 15—20 *m*, stellenweise sogar 40 *m* hoch; der Ostabhang, wo er von der Erosion noch nicht vernichtet worden ist, 5 bis 15 *m*. Die Breite bewegt sich zwischen 5 bis 10 *m*, stellenweise jedoch weitet sich der Graben zu dolinenähnlichen Kesseln („Sinks“) mit flachem Boden, deren Durchmesser 16 bis 20 *m* beträgt. Nur an der Stelle, wo der Pfad unterbrochen ist, befindet sich ein großer „Sink“ eingestürzt von etwa 60 *m* im Durchschnitte. Das herabgestürzte Schuttmaterial mit Sagebrushgebüsch bedeckt den Boden des Grabens oder liegt als Schutthalde unter dem schroffen, kahlen Westabhange. Das Erdreich über dem Abhange ist stark zerklüftet, und so wie die Wurzeln der Gebüsche nachgeben, bekommen die Schutthalden frischen Zuwachs.

Claypole sucht den Erdbebenherd weiter westlich unter dem Meeresgrunde und hält dafür, daß die Erdbebenwelle am Übergange aus dem Schutterrain auf den Felsenboden des San Jacintogebirges, da sich hier die Schnelligkeit ihrer Fortpflanzung plötzlich ändert, besonders stark geäußert hat.

Dem Verfasser scheint jedoch viel natürlicher zu sein, das Epizentrum in der am stärksten betroffenen Gegend von San Jacinto selbst zu suchen. Dafür, daß dieses Erdbeben auch tektonischen Ursprungs war, zeugt der Umstand, daß die Ortschaften, welche an

den sich kreuzenden Verwerfungslinien liegen, am stärksten gelitten haben.

Im nördlichen Teile des San Jacintotales hat er zwar keine sichern Spuren des Erdbebens feststellen können, doch scheint ihm, daß der Erdbebenherd an der Dislokationslinie, welche zwischen der nach Nordwesten vorgeschobenen Granitinsel von Mount Eden und den derselben im Westen vorliegenden Schütthügeln sowie weiter nordwestlich zwischen den östlichsten Granithügeln in Box Springs Ridges und den Bad Lands durchzieht, sich befindet.

Der Verlauf der charakteristischen Erdbebenspalte, längs welcher manche ältere sowie das neueste große Erdbeben von San Francisco zustande gekommen sind, ist bisher nicht in diesen Teil von Südkalifornien verfolgt worden.

In dem vorläufigen Berichte über ihre Arbeiten hat die vom Staatsgouverneur Kaliforniens ernannte Kommission den Verlauf dieser Dislokation bis in die Gebirgsgruppe Mount Pinos in Ventura County angegeben. H. W. Fairbanks und T. C. Wright, Mitarbeiter der genannten Kommission, haben die Spalte dann weiter auf der Nordseite des Sierra Madregebirges bis zum Cajonpaß festgestellt, von hier soll sie in die südliche Fußgegend des Gebirges übergehen, den Schuttkegel des Santa Annaflusses durchschneiden und sich weiter durch den San Gorgoniopaß am Fuße des nördlichen Randgebirges in die Coloradowüste fortsetzen.

Dr. Daneš glaubt, daß die oben erwähnten von NW nach SO verlaufenden Verwerfungslinien mit der von der Erdbebenkommission beschriebenen zusammenhängen, und es erübrigt nun festzustellen, wo die Abzweigung beginnt.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 in Kolumbien. Im vorjährigen Jahrbuche wurde dasselbe kurz erwähnt.[1]) Jetzt liegen nun genauere Nachrichten über dieses Erdbeben und die Flutwelle an der Küste Kolumbiens und Ecuadors vor, gemäß einem Berichte des Kommandos S. M. S. „Falke“, Komdt. K.-Kapitän v. Ammon.[2])

Hiernach entstammen die einzigen zuverlässigen und wissenschaftlich genauen Beobachtungen dem Observatorium der Isthmian Canal Commission auf der Insel Naos in der Bucht von Panama, welches seit Anfang 1906 besteht und außer mit den gewöhnlichen meteorologischen Instrumenten auch mit einem selbstregistrierenden Pegel ausgerüstet ist.

Das Zentrum des Erdbebens scheint, wie der Bericht mitteilt, in der Nähe der Bucht zwischen Tumaco (Kolumbien) und Esmeraldas (Ecuador) gelegen zu haben.

„In Esmeraldas wurde am 31. Januar 1906 9^h vormittags ein heftiger, 10 Sekunden (nach andern Quellen 30 Sekunden) währender

[1]) Dieses Jahrbuch **17**. p. 143.
[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. Heft 6. p. 263.

Stoß beobachtet, der nicht wie bei frühern Gelegenheiten als wellenförmige Bewegung, sondern als von unten wirkender Stoß empfunden wurde. Der Schaden an Gebäuden und Sachen war bedeutend. Gegen 11^h (andere sagen 10^h) wiederholte sich das Erdbeben in bedeutend stärkerm Maße; die Richtung der Stöße war von Süden nach Norden, die Dauer etwa 2 Minuten. Die Erschütterung verursachte den Einsturz einer Reihe von Häusern und richtete auch sonst großen Schaden an.

Der Fluß trat über seine Ufer und setzte die niedrig gelegenen Stadtteile unter Wasser. Diese Flutwelle wiederholte sich im Laufe des Nachmittags, schwächer werdend, sechsmal. In der ersten Hälfte des Februar folgten noch mehrere schwächere Erdbewegungen, die zweite Hälfte des Monats war ruhig. Am 18. März gegen 11^h abends fand ein heftiger Stoß statt, dem aber keine weitern Stöße unmittelbar folgten. Das letzte Erdbeben, das der vom 10. April 1906 datierte Bericht erwähnt, wurde am 22. März gegen 3^h nachmittags beobachtet. Es fing mit einem sehr kräftigen Stoße an und hörte mit einem schwächern auf; Dauer etwa eine Minute.

Die weiter südlich liegenden Ortschaften haben weniger unter dem Erdbeben gelitten. Von der im Süden anschließenden Provinz Manabi liegen Berichte aus Manta und Bahia de Caracas vor.

In Manta hat am 31. Januar 1906 gegen 10^h vormittags ein schwaches, kaum wahrnehmbares Erdbeben stattgefunden, das keinen Schaden hervorrief. Eine Veränderung des Meeresniveaus hat niemand beobachtet.

Der Bericht aus Bahia de Caracas lautet: Mittwoch Vormittag am 31. Januar 1906 ein schwacher Stoß um etwa 8^h vormittags von geringer Dauer; ein zweiter schwerer Stoß um 9^h 55^m von etwa 80 Sekunden Dauer, beginnend in vertikaler Richtung, die in wellenartige Bewegung überging. Haus- und Flurschaden ist hier und bis nördlich zur Küste von Pedernales nicht konstatiert.

Ein in Bahia in Bohrung befindlicher Brunnen füllte sich um 10^h 30^m vormittags mit Wasser; die eisernen Röhren wurden in ihrer Richtung verschoben.

Das Meeresniveau begann um 12^h 10^m mittags gegen die zu normaler Zeit nach 2 Stunden stattfindende Ebbe in 20 Minuten um etwa 80 bis 100 *cm* zu steigen, und zwar so heftig, daß ein draußen befindliches Boot an den in der Hafeneinfahrt liegenden Klippen scheiterte. Das Ebben und Fluten wiederholte sich an demselben Tage bis 9^h nachmittags dreimal in langsam abschwächender Form.

In dem nördlich von Esmeraldas liegenden Gebiete waren die Zerstörungen durch das Erdbeben und namentlich die Flutwelle bedeutender.

In dem kleinen La Tola nahe der kolumbianischen Küste sind 23 Häuser eingestürzt. In Tumaco wurde am 31. Januar 9^h vormittags ein leichter Stoß in der Richtung von Norden nach Süden

verspürt. Um $10^h\ 20^m$ vormittags folgte ein heftiges, 3 Minuten lang anhaltendes Beben, das in der Stadt großen Sturzschaden verursachte.

Etwa $^1/_2$ Stunde später kam eine Flutwelle, zerstörte Boca Grande im Westen von Tumaco fast vollständig und richtete auch in Tumaco selbst vielfach Schaden an. Das Wasser trat nach Verlauf einer Stunde zurück; doch währte das Auf- und Ablaufen des Wassers noch 4 Stunden lang.

Die Beschreibung des Erdbebens in Tumaco ist der Zeitung „El Gribo del Pueblo" in Guayaquil vom 14. Februar 1906 entnommen. Sie scheint in den Einzelheiten, insbesondere in den Angaben über die Flutwelle, etwas ausgeschmückt zu sein. Genaue Angabe über die Höhe der Welle, Zeit des Eintrittes usw. fehlen.

Am 2. Februar $11^h\ 15^m$ vormittags fand eine heftige, aber nur kurz anhaltende Erdschwankung statt. Leichte Bewegungen wiederholten sich noch häufiger im Laufe des Februars.

Der Schaden in Tumaco wird auf 50 000 Sucres = 100 000 ℳ geschätzt, der Verlust an Menschenleben in der Stadt und der weitern Umgegend auf 300.

Der Bericht aus Guapi lautet ähnlich, doch enthält er einige interessante Angaben über Nebenerscheinungen des Erdbebens.

Am 31. Januar wurde gegen 8^h vormittags ein leichter Stoß verspürt, dem um $10^h\ 30^m$ ein sehr starker, langandauernder folgte. Eine Anzahl von Häusern stürzte ein, deren Trümmer größtenteils in Flammen aufgingen. Gegen $11^h\ 30^m$ wurde im NW von Guapi ein schußartiger Knall gehört, der von einem unterseeischen Krater herzurühren schien. Gleich darauf hörte man in der Ferne ein heftiges Brausen wie von einem heftigen Sturme. Das Wasser im Flusse war heftig erregt, es lief dann auf und zerstörte die niedrig gelegenen Häuser. Am Strande wurden alle Pflanzungen vernichtet.

Die Nachbarstädte litten schweren Schaden; der Gesamtverlust in dieser Gegend soll an Menschenleben 1050, an Häusern 1200 betragen haben.

Die Nachrichten aus Buenaventura sind spärlich. Das Erdbeben selbst scheint hier nur noch in abgeschwächter Form aufgetreten zu sein. Eine zweimalige Flutwelle richtete Verwüstungen im Flusse und in der Stadt an.

Nach einem Gerüchte, das vom deutschen Vizekonsulate in Palmira übermittelt wurde, soll sich das Niveau der Insel Gorgona gesenkt haben.

Das in Buenaventura landende amerikanische Kabel war nördlich und südlich von Buenaventura an 18 Stellen gebrochen. Die nördlichste Bruchstelle soll 310 Meilen von Panama entfernt gewesen sein bei einer Gesamtlänge des Kabels von 410 Meilen.

Im Innern ist das Erdbeben, das im ganzen Lande bemerkt worden ist, nur an wenigen Stellen stark genug gewesen, um Zerstörungen anzurichten.

In Tuquerres und der Umgegend sind Häuser eingestürzt, und ein paar Menschen erschlagen worden. In Pasto und Barbacoas ist kein nennenswerter Schaden angerichtet. In Popayan, Cali und Palmira wurde ein starkes Erdbeben von 99 Sekunden Dauer beachtet ohne größern Schaden. Buga, Tulua und Cartago in der Provinz Cauca haben nicht gelitten. Weiter im Norden dagegen in Manizales, Antioquia und andern Departements wurden durch den Erdstoß Häuser zu Falle gebracht.

Über das Fortschreiten der Flutwelle nach Norden liegen Nachrichten aus Panama und Costa-Rica vor.

Über die in Panama beobachteten Erscheinungen gibt ein Bericht des Abteilungsvorstandes für Meteorologie R. M. Arango an den Chefingenieur John F. Stevens Auskunft.

An der pacifischen Küste von Costa-Rica lief die Flutwelle am 31. Januar gegen 2^d nachmittags auf. Im Golfe von Potrero fiel eine Strecke von etwa 2000 *m* trocken, das mit Gewalt zurückstürzende Wasser riß die Boote los und warf sie aufs Trockene.

In Cartagena an der Nordküste Kolumbiens trat am 31. Januar um $10^h\ 36^m$ vormittags ein Seebeben ein. Die zweite Flutwelle war die stärkste, brach die Ankerketten der im Hafen liegenden Schiffe und riß den deutschen Dampfer „Sarnia", der an der Pier vertäut lag, los.

Ein bisher nicht bestätigter und wenig glaubwürdiger Zeitungsartikel berichtet von dem Auftauchen einer neuen Insel gegenüber Bajo de las Palmas etwa 3 Seemeilen nördlich von Punta de las Canvas. Sie soll einen halben Hektar groß, üppig grün bewachsen (!) sein und sich im Äußern und in der Vegetation in nichts von der Umgebung unterscheiden. Die ersten Besucher der neu entstandenen Insel fanden eine Menge toter Fische rings über sie zerstreut.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 ist das stärkste, welches seit einer langen Reihe von Jahren den betroffenen Küstenstrich Ecuadors und Kolumbiens heimgesucht hat.

Nach Ansicht sachverständiger Kreise ist es entweder hervorgerufen worden durch einen Unterseevulkan in der Bucht, welche die Küste der Provinz Esmeraldas zwischen Mangles Point und Galera Point bildet, oder durch den Ausbruch eines Vulkans auf den Galapagosinseln.

Dieser letztere Vulkan ist nie völlig zur Ruhe gekommen und hat gerade in letzter Zeit Spuren einer lebhaften Tätigkeit gezeigt.

Die durch Vermittlung der Konsulate eingezogenen Erkundigungen haben ergeben, daß Veränderungen des Fahrwassers und der Tiefenverhältnisse infolge des Erdbebens nirgendwo festgestellt sind. Ebenso lautete eine Auskunft der Pacific Steam Navigation Co., der größten dort verkehrenden Dampfergesellschaften in Panama.

Bei der Größe des Gebietes ist es immerhin nicht ausgeschlossen, daß etwa außerhalb der meist befahrenen Schiffahrtswege entstandene Veränderungen bisher unbekannt geblieben sein können.

Im Verlaufe des April und Mai haben in Peru und Chile verschiedentlich mehr oder minder starke Erdbeben stattgefunden.

Mitte April wurden in Callao und Lima an mehrern Tagen leichte Erdstöße beobachtet, die aber keinen Schaden anrichteten.

Am 4. Mai 1906 zerstörte in Tacna und Arica ein 35 Sekunden andauerndes Erdbeben einen Teil der Stadt.

Folgende Mitteilungen eines Herrn Richardo M. Arango vom 6. Februar 1906 über die Beobachtungen zu Naos Island und zu Ancon werden am Schlusse des Berichtes noch aufgeführt:

Das Ausbleiben von diesbezüglichen Kabelnachrichten scheint darauf hinzuweisen, daß die Störung im Stillen Ozeane stattgefunden haben muß, sonst würden bis zur Zeit des Berichtes Nachrichten darüber eingegangen sein. Ferner ist die Störung von keiner großen Mächtigkeit gewesen, wie aus der Aufzeichnung des Mareographen zu Naos Island klar ersichtlich ist. In der Tat hat ein Studium der Ursachen, welche ähnliche Erscheinungen hervorgerufen haben, heftige seismische Bewegung auf dem Lande oder auf See als solche annehmen lassen; z. B. das Erdbeben von Lissabon, das eine große Flutwelle über Westindien herbeiführte, und das in Japan 1854 gefühlte Erdbeben, das die Flutwelle entlang der Küste von Kalifornien verursachte. Obwohl der Seismograph zu Ancon zweimal, um 10^h 30^m und 12^h 10^m nachmittags mit einer Stoßrichtung aus Osten fiel, und obwohl die Richtung dieser Beben nicht aufgezeichnet wurde, da der Beobachter abwesend war, so waren diese Erschütterungen ohne Zweifel von sehr geringer Intensität, da sie nirgends anderswo in der Stadt oder auf Naos Island, wo der Beobachter aufmerksam darüber wachte, ob ein Stoß bemerkbar war, empfunden wurden. So kann diesen Stößen kaum eine Beziehung zu der Flutwelle zugeschrieben werden, besonders da am 2. und 3. Februar das Instrument kleine Störungen um 10^h 10^m vormittags, 4^h 20^m, 4^h 56^m, 5^h und 5^h 4^m nachmittags aus derselben östlichen Richtung anzeigte.

Das Wasser war während des Nachmittags am 31. Januar in der Nähe der Insel ungewöhnlich trübe."

Die Bewegungen der Erdoberfläche an der pacifischen Küste.[1]) Seit dem Monate September 1899 ist die ganze Westküste Amerikas von Alaska im Norden bis nach Chile im Süden nicht weniger als siebenmal von verheerenden Erdbeben heimgesucht worden, wozu nunmehr noch die gewaltige Katastrophe an der mexikanischen Küste hinzutritt.

---

[1]) Gaea 1907. p. 441.

Es kann gar keinem Zweife lunterliegen, daß diese Ereignisse nicht durch lokale Ursachen hervorgerufen wurden, sondern daß gewaltige unterirdische Kräfte längs des ganzen pacifischen Ufers, auf einer Erstreckung, die einem Viertel des Erdumfanges gleichkommt, in Tätigkeit traten. Bei dem Erdbeben in San Francisco zeigten sich die gewaltigsten Wirkungen längs einer Verwerfung, die sich auf einer Länge von 600 *km* verfolgen läßt und über Kap Mendocino hinaus wahrscheinlich am Meeresboden fortläuft. Den Untersuchungen gemäß bestand die Art der Bewegung hauptsächlich in einer horizontalen Verschiebung des Bodens um durchschnittlich 3 *m*, dann gleichzeitig in einer vertikalen Verschiebung bis zu 1 *m*. Im Boden entstand auf diese Weise eine ununterbrochene Furche mit Quersprüngen. Über das Erdbeben, das am 16. August 1906 Valparaiso und Mittelchile heimsuchte, sind die wissenschaftlichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Nach den vorläufigen Berichten von Dr. Steffens fiel die Haupterschütterung in den Bereich der sogen. Küstenkordillere und zentralen Längsebene von Mittelchile, während nach Osten in der Hochkordillere und auf der argentinischen Seite die Intensität der Erscheinung schnell abnahm. Die Insel Juan Fernandez, 360 Seemeilen westlich von Valparaiso, wurde von dem Erdbeben gar nicht berührt. An einigen Stellen hat die Küstenlinie durch das Erdbeben eine geringe Hebung erlitten, aber von neu gebildeten Verwerfungsspalten ist nichts aufgefunden worden. Es lassen sich indes zwei ungefähr parallele und nahezu gleich lange Striche größter Zerstörung erkennen, einer fällt etwa 160 *km* lang mit der Küstenerstreckung zusammen, der zweite verläuft östlich davon. Hierzu kommt ferner die Tatsache, daß am 31. Januar 1906 auch die pacifische Küste Kolumbiens von einem gewaltigen Erdbeben heimgesucht wurde. Infolge desselben sollen mehrere Inseln langsam versunken sein, während an der Mündung des Esmeraldaflusses Hebungen des Meeresbodens stattfanden, und 15 Kabelunterbrechungen eintraten. Die Erdbebenwellen pflanzten sich auch in diesem Falle bis nach Europa fort und wurden hier von den seismographischen Apparaten verzeichnet. Hören wir nun jetzt, daß auch die mexikanische Küste am Pacifischen Ozeane von Erderschütterungen heimgesucht wurde, so ist dies ein neuer Beleg für die von Omori hervorgehobene Tatsache, daß große, zerstörende Erdbeben die Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten, und daß sie sich namentlich in verschiedenen Teilen einer gegebenen Region oder Zone während des Verlaufes weniger Jahre ereignen. Die Vorgänge seit 1899 deuten darauf hin, daß die Ursachen der wiederholten Erschütterungen nicht unter dem Boden des östlichen pacifischen Ozeans zu suchen sind, sondern vielmehr in oder unter dem westlichen Rande des Sockels, auf dem der Erdteil Amerika ruht. Die pacifische Küste Amerikas ist zu allen Zeiten viel durch Erdbeben beunruhigt worden, aber es ist unverkennbar, daß in den

letzten Jahren die unterirdischen Gewalten dort eine besonders lebhafte Tätigkeit entfaltet haben, auch vermag niemand zu sagen, ob diese jetzt abgeschlossen ist, oder weitere Äußerungen noch erwartet werden müssen. Anderseits aber ist es auch Tatsache, daß man kein Beispiel kennt, in welchem heftige Erdbeben ihren Ursprung wiederholt in dem nämlichen Zeitraume gehabt hätten.

Die Erdbeben in ihrer Beziehung zum Aufbaue der Erdrinde behandelte Prof. F. Frech in der allgemeinen naturwissenschaftlichen Sitzung der Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden am 19. September 1907.[1]) Die alte Annahme, daß durch Erdbeben keine merkbaren Verschiebungen im Felsgerüste der Erde entstehen, ist seit dem großen zentraljapanischen Erdbeben 1891 als irrig erwiesen. An dem Yakutatfjord in Alaska wurden als Folge eines Anfang September 1899 erfolgten Erdbebens ausgedehnte Hebungen im Höchstbetrage von 47 engl. Fuß und gleichzeitig in den seewärts gelegenen Küstenstrecken Senkungen von 6 bis 9 engl. Fuß beobachtet und gemessen. Diese Niveauveränderungen entsprechen genau dem ziemlich geradlinigen Verlaufe der Küsten und sind also auf Verschiebungen der Erdrinde zurückzuführen, wie sich in ähnlicher Weise die Westküste Süditaliens oder der Südabsturz des sächsischen Erzgebirges oder der Monte Rosagruppe gebildet haben. Die Yakutatbai liegt etwa zehn geographische Meilen von der höchsten Berggruppe Nordamerikas, den Eliasbergen, entfernt, deren Erhebung nicht durch vulkanische Aufschüttung wie sonst in den Kordilleren, sondern ausschließlich durch tektonische Kräfte erfolgt ist.

Nach dem großen Erdbeben von San Francisco wurden im April 1906 horizontale Verschiebungen im Betrage von mehrern Metern gemessen, welche die kalifornische Küste in einer Länge von Hunderten von Kilometern betroffen haben und von lokalen Senkungen begleitet wurden. Lücken und Unterbrechungen in den Höhenzügen sind in dem kalifornischen Küstengebiete schon lange sichtbar gewesen und im Jahre 1900 lediglich erweitert worden. In neuester Zeit trat an Stelle der Annahme, daß die Beben von einzelnen Punkten (Zentren) im Innern der Erde ihren Anstoß empfingen, der Nachweis, daß unterirdische Dislokationszonen, Faltungen und Brüche vorhanden sind, die vielfach mit den jüngern Hochgebirgen zusammenfallen. Der tektonische Ursprung aller Erschütterungen, welche den Namen Erdbeben verdienen, wurde allgemein angenommen.

Erderschütterungen von allgemein wahrnehmbarer Verbreitung wurden dagegen niemals als die Folgen der Einstürze unterirdischer Hohlräume oder als Vorboten vulkanischer Ausbrüche beobachtet. Sowohl die Einsturzbeben wie die mit der Aufwärtsbewegung der

[1]) Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 47. — Petermanns Mitt. 1907. 11. Heft.

Lava verbundenen Zuckungen sind örtlich eng begrenzt. Die Zerstörungen beschränken sich meist nur auf einen Raum von wenigen Quadratkilometern. Die empfindlichen Instrumente mitteldeutscher Beobachtungsstationen zeichnen eine starke Dynamitexplosion, so die auf einem Fort in Besançon erfolgte Katastrophe exakt auf, während der Ausbruch des Vesuvs keine Einwirkung hervorruft.

Es empfiehlt sich, sagt Frech, den Begriff der Erdbeben auf die mit tektonischen Ereignissen, d. h. mit Horizontalschüben, Hebungen und Senkungen zusammenhängenden Veränderungen des Felsgerüstes der Erde zu beschränken, die oberflächlichen Einbrüche und die vulkanische Ausbrüche begleitenden Zuckungen aber im Zusammenhange mit der chemischen Geologie oder dem Vulkanismus zu behandeln.

Die großen sogenannten Fernbeben gehen von Gebieten aus, in denen durchweg die tektonischen Vorgänge noch nicht zum Abschlusse gelangt sind. Solche Erdbebenherde finden sich auf dem Grunde des Indischen und an den Randgebieten des Nordatlantischen Ozeans, d. h. in den letzten Überresten alter versunkener oder versinkender Länder. Auch der Nordosten des Mittelmeeres, Pontus bis Adria, gehören hierher; weniger sicher ist die Deutung der zentralpacifischen Beben um Samoa. Einen zweiten Typus tektonischer Beben bilden die jüngern eurasiatischen, von Südspanien, dem Atlas und den Alpen bis zum Himalaja und Hinterindien ausgedehnten Hochgebirge, in denen jüngere emporgewölbte oder überschobene Falten zwischen ältern, verfestigten Massen zusammengequetscht sind und emporgepreßt werden. Je älter das Gebirge, um so geringer die Zahl der Beben. Die Pyrenäen sind in früherer Zeit gebildet als die Alpen, diese aber wieder älter als der Himalaja, und im gleichen Verhältnisse vermehrt sich die Zahl der Beben. Gänzlich von den Alpen verschieden ist nach Ferdinand v. Richthofen der Bau der zirkumpacifischen, insbesondere der ostasiatischen Gebirge und Inselbögen. Nach den gewaltigen, der Ost- und Westküste genäherten Tiefen des Stillen Ozeans glitten die Gebirgsschollen der Kontinentalmasse seitlich abwärts, und dieser in den japanischen, philippinischen und vielen amerikanischen Erdbeben noch heute wahrnehmbare Vorgang hat schon in sehr früher (paläozoischer) Vorzeit begonnen.

Der verschiedenartige Bau eurasiatischer Faltungsketten und pacifischer Zerrungs- oder Bruchgebirge tritt äußerlich schon in der verschiedenen Verteilung der Vulkane hervor. Die heutigen Vulkanausbrüche und frühern Eruptionen kennzeichnen im ganzen Umkreise des Stillen Ozeans die Hauptketten der Gebirge, während sie in den Alpen und Karpathen auf die Innenzonen der Gebirgsbögen beschränkt sind. In Ostasien entsprach die Gebirgsbildung dem mit einseitiger Aufrichtung verbundenen seitlichen Abgleiten der Schollen, und die Ausbrüche erfolgten daher unmittelbar an diesen primären Zerreißungen, d. h. den Hauptachsen der Gebirge. Im Hima-

laja fehlen Vulkanausbrüche ganz, und in den alpinen Gebirgen sind sie, als sekundäre, nachträgliche Erscheinungen, auf die südlichen oder Innenseiten beschränkt. Die Grenze zwischen den jüngern, aufgewölbten Hochgebirgen und den ältern, verfestigten Massen wird durch Verwerfungen und die auf ihnen erfolgenden vulkanischen Ausbrüche bezeichnet. Besonders deutlich tritt diese Erscheinung in Ungarn und an den Küsten des Tyrrhenischen Meeres hervor. In Italien liegen die Küstenbrüche und Vulkane zwischen der versunkenen alten Tyrrhenis, deren Reste in Korsika, Elba und Sardinien erhalten sind, und den umgebenden jüngern Ketten der Apenninen; ähnlich umgibt der Dreiviertelkreis der Karpathen das alte ungarische Festland, dessen Reste in Siebenbürgen sichtbar werden; und zwischen beiden liegt die breite Zone der ehemaligen Lavaergüsse, deren Boden heute durch Fruchtbarkeit und Weinbau (Tokai) ausgezeichnet ist.

In Ostasien und im westlichen Amerika entspricht dagegen die Verbreitung der Vulkane dem Verlaufe der Haupterhebungen und der Inselbögen. Tätige Vulkane und Erdbeben fehlen in den zentralen und östlichen Gebirgen so gut wie gänzlich. Beide Gebirgssysteme bestehen aus ältern, gefalteten Massen, die in späterer Zeit gebrochen und gehoben worden sind. Die hauptsächlichen Faltungen sind paläozoisch, und eine spätere posthume Bewegung entspricht dem Ende der Kreidezeit. Die Brüche zwischen den großen Ebenen Nordamerikas und den Rocky Mountains gehören dem Beginne und der Mitte der Tertiärzeit an. Jüngere tertiäre Gebirgsbildung und Erdbeben sind beschränkt auf das pacifische Gebirgssystem in Alaska, Oregon, Kalifornien und auf die mexikanischen Sierren. Die Hochgebirge im Washington-Territorium und in Britisch-Columbia sind so dünn bevölkert, daß wir das Fehlen von Erdbebenberichten auf den Mangel an Beobachtern zurückführen dürfen. Wie sehr der Nachrichtendienst die Gestaltung der Erdbebenkarten beeinflußt, zeigt die Tatsache, daß auf den 1903 von Milne veröffentlichten Übersichtsbildern San Francisco und Alaska als erdbebenfrei angegeben worden sind! Anderseits zeigt das 35 Jahre zurückliegende Beben von Owens Valley in Kalifornien, daß der gewaltige, den Ostabsturz der Sierra Nevada bildende Bruch damals die Ausgangszone der Erschütterung war. Ebenso entspricht die horizontale Verschiebung nach dem San Franciscobeben von 1906 einer längst bekannten, im Antlitze der Landschaft deutlich wahrnehmbaren Verwerfungszone.

Der zonenförmige Bau der Kordilleren steht in deutlichem Gegensatze zu dem massigen Baue der asiatischen ältern Gebirge. Aber beide haben das wichtige Merkmal miteinander gemein, daß der Ursprung der Gebirgs- und Erdbebenbewegungen nicht in den Erhebungen der Kontinente, sondern in den Tiefen des Pacifischen Ozeans zu suchen ist. Auch in Südamerika liegen fünf gewaltige

Tiefe auf dem Meeresgrunde nahe der Küste und entsprechen den Herden der zerstörendsten Beben von Peru und Chile.

Ebenso liegt in Japan das weit ausgedehnte, 8000 bis 9000 *m* eingesenkte Tuscaroratief dicht neben dem Schauplatze der furchtbarsten Erschütterungen (1891 Midor). Die japanischen, als „Tsunimos" bezeichneten Seebebenwellen sind ebenfalls auf die pacifischen Küsten des Inselbogens beschränkt, während das Japanische Meer keine Bewegungen erfährt. Es scheint, meint Prof. Frech, als ob auf dem Grunde des Tuscaroratiefs immer noch weitere Senkungen erfolgen, die ihrerseits eine entsprechende seitliche Zerrung und Erschütterung der Inselbogen zur Folge haben.

In den pacifischen Gebirgen liegen die Erdbebenherde in den randlichen Tiefen des Ozeans, und die zentralen und kontinentalwärts liegenden Gebirge sind somit ganz oder fast ganz erdbebenfrei; die Vulkane folgen dagegen den Haupterhebungen der Gebirge. In den alpinen oder eurasiatischen Gebirgen liegen dagegen die Vulkane, sofern sie vorhanden, außerhalb der durch tektonische Kraft emporgewölbten Gebirgsketten, während die Erdbebenherde im wesentlichen mit der Verbreitung der Gebirgsketten zusammenfallen. Die Reaktionen der innern Kräfte gegen die Oberfläche beweisen somit, daß die Anschauung Richthofens von der grundsätzlichen Verschiedenheit der Alpen und der pacifischen Gebirge wohlbegründet ist.

Die Statistik der Beben lehrt, daß die Gebirge von jungpaläozoischem Alter, wie die Appalachien, der Ural und die europäischen Mittelgebirge, die Ausgangspunkte von weniger zahlreichen und vorwiegend schwachen Erdstößen sind. Diese Abnahme entspricht genau der Verringerung der Beben, welche Himalaja, Alpen und Pyrenäen erkennen ließen. Auch die asiatischen Hochflächen von Tibet und Iran scheinen, ebenso wie die Plateauregionen Nordamerikas, bebenfrei oder sehr bebenarm zu sein. Nur in Hocharmenien nehmen mit der Annäherung an den Kaukasus und die jüngern südpersischen Zagrosketten die Stöße an Zahl und Heftigkeit zu. Während in Armenien auch jüngere Brüche den alten Kern des Hochlandes durchsetzen, ist die einzige Ausnahme in Nordamerika schwerer zu erklären.

Doch läßt sich im allgemeinen das Gesetz aufstellen, daß bebenreiche (seismische), bebenschwache (peneseismische) und ruhige oder aseismische Gebiete in ihrer Verbreitung dem Alter der Gebirgsbildung entsprechen. Genauere Untersuchungen sind notwendig, um die seismische Stellung der in spätpaläozoischer Zeit gefalteten bebenschwachen Gebiete zu bestimmen, trotzdem kann man schon sagen, daß diese spätpaläozoischen Mittelgebirge den Übergang zu den bebenfreien, in frühpaläozoischer oder präcambrischer Zeit gefalteten Gebieten bilden.

Zu den ruhigen oder aseismischen Gebieten gehört der größere Teil von Australien und Afrika, Osten, Westen und Norden von

Sibirien, die großen Ebenen von Nordamerika, Brasilien und Skandinavien mit Ausnahme der Küsten. In den am besten erforschten europäischen Bebengebieten läßt sich die dem geologischen Alter der Gebirgsbildung entsprechende Abnahme der Bebenhäufigkeit am genauesten feststellen.

Prof. Frech faßt seine Erörterungen zu folgenden allgemeinen Ergebnissen zusammen:

1. Einsturzbeben und die dem Emporquellen der Lava vorangehenden Zuckungen sind in ihren zerstörenden Wirkungen auf ganz enge Gebiete beschränkt und werden auch von selbstregistrierenden Instrumenten nur in geringem Umkreise verzeichnet. Ihre Erforschung fällt in den Bereich der chemischen und vulkanologischen Geologie.

2. Fernbeben (oder Weltbeben), das heißt die instrumentell über einige 1000 *km* verfolgbaren Beben, sind auf die in jüngerer (tertiärer) Zeit dislozierten Gebiete beschränkt. Der verschiedene tektonische Bau der Erdbebenherde — versinkende uralte Kontinente, alpine oder Faltungs- und endlich pacifische oder Zerrungsgebirge — ist von geographischer und geologischer Wichtigkeit, zeigt aber nur sekundäre Einwirkung auf den eigentlichen Vorgang der seismischen Erschütterung. Immerhin läßt sicht das Folgende feststellen:

3. In den gebrochenen Festlandsgebieten (Ostafrika) sind Beben viel seltener als in versunkenen Kontinenten (Indischer und Nordatlantischer Ozean) oder in Faltungsgebirgen von gleichem (jüngerm) Alter.

4. Ausgedehnte, meßbare Hebungen, Senkungen und Horizontalverschiebungen als unmittelbare Folgen von Erdbeben sind bisher nur an pacifischen Küsten, in Kalifornien und Alaska, sowie auf pacifischen Inseln in Zentraljapan und Neuseeland beobachtet worden. Die häufig, z. B. in Griechenland, beobachteten Rutschungen an den Küsten, Bergstürze, sowie die Zertrümmerung der aus Humus oder Lehm zusammengeschichteten Oberflächengebilde gehören zu den Folgeerscheinungen der Erdbeben; die oben erwähnten Dislokationen durchsetzen das Felsgerüst der Erde, entsprechen also den Vorgängen früherer Gebirgsbildung.

5. Die Häufigkeit und Stärke der Beben nimmt mit dem geologischen Alter der dislozierten Gebiete ab. In jüngern Faltungsgebirgen und jüngern Senkungsfeldern sind Erdbeben häufig und schwer, in jungpaläozoischen Gebirgen selten und schwach (peneseismisch), in Gebieten altpaläozoischer und präcambrischer Faltung ganz oder so gut wie gänzlich erloschen (aseismisch).

Über die Ursachen der Erdbeben und einige verwandte Erscheinungen hat Prof. T. J. J. See[1]) eine Untersuchung veröffentlicht

---

[1]) Erdbebenwarte. 7. p. 128 u. ff., woraus oben der Text.

Der wesentliche Inhalt derselben ist folgender. See bemüht sich, nachzuweisen, daß alle Erdbeben durch Lavaexplosionen unterhalb des Meeresgrundes hervorgerufen werden. Auch die Entstehung der Gebirge führt er auf vulkanische Tätigkeit zurück. Am Schlusse führt er nachfolgendes als Ergebnisse an:

1. Daß Ablagerungen von Sedimentgesteinen über den Kontinenten kaum unmöglich etwas anderes hervorbringen, als ein allmähliches Anwachsen des Gewichtes über diesen Teilen der Erdkruste, überdies sind derartige Felsarten, wie z. B. Marmor, von bedeutender Viskosität, so daß sie sich im Laufe der Jahrhunderte unter dem gewaltigen Drucke biegen, doch ohne dabei zu zerbrechen; wir können daher mit Sicherheit annehmen, daß keinerlei Erdbebenerschütterungen von einer solchen Ursache hergeleitet werden können.

2. Die Theorie, daß Erdbeben durch Brüche und Felsrutschungen verursacht werden können, wird widerlegt durch die Tiefe (10 bis 20 Meilen), in welcher die Herde von vielen Weltbeben gefunden wurden, und durch die Tatsache, daß sie nicht von einem Punkte oder von einer Strecke aus erregt werden, sondern in Wahrheit von einer Fläche aus kommen; die meisten der Erdbeben folgen dem Seeufer, nur selten ereignet sich eines im Binnenlande und niemals in einer Wüste; doch am häufigsten im Bette des Ozeans.

3. Es folgt daraus, daß die Erdbeben von explosiven Kräften inner- oder unterhalb der Erdkruste abhängen müssen, die über große Flächen ausgedehnt sind, und auch das Übergewicht der Seestörungen entlang den Ufern der Festländer zeigt, daß diese Kräfte in irgend einem Sinne vom Meerwasser abhängen. Diese explosiven Gewalten können bei Vulkanausbrüchen beobachtet werden, da solche fast immer von Erdbeben begleitet sind, die oft über bedeutenden Flächen gefühlt werden.

4. Nicht alle Erdbeben führen zu Eruptionen, aber wenn die Erdstöße im Gebiete eines erloschenen Vulkans auftreten, können wir sicher darauf schließen, daß die Kräfte, welche die Eruptionen hervorgerufen hatten, auch die vorhergegangenen Erdbeben verursacht haben.

5. Daß der Wasserdampf die Ursache zu vulkanischen Eruptionen bildet, wird bewiesen durch die Verteilung der Vulkane an den Küsten und durch die zahllosen Eruptionen, welche in den Tiefen der Ozeane erfolgen, während die Vulkane im Binnenlande immer erlöschen, und außerdem noch durch die Tatsache, daß der vulkanische Auswurf zu $999^0/_{00}$ aus Wasserdampf besteht und nur $1^0/_{00}$ besteht infolge der hohen Temperatur aus zufällig mitgenommenen Zerstäubungsprodukten.

6. Nach Newton muß nun die Ursache vulkanischer Tätigkeit und gewisser Erdbeben als „vera causa“ für alle Fälle im allgemeinen angenommen werden.

7. Die Spannung des Dampfes, die sich unterhalb der Erdkruste sammelt, ist somit die „wahre Ursache" aller Erdbeben und vulkanischen Eruptionen, und diese kommen nur dann zustande, wenn der Dampf die Erdoberfläche durchbricht, was für gewöhnlich bei Bergen, wo die Erdkruste schon stark verworfen und verwittert ist, geschieht.

8. Wenn die unterirdische Dampfspannung groß genug ist, so bewegt sich der Dampf natürlich nach der nächsten Erdfalte, wo die Gesteinschichten vielfach verworfen sind, aber die beobachtete Bewegung ist das Ergebnis und nicht die Ursache des Erdbebens.

9. Vulkane sind Berge, die durch den Dampfdruck geöffnet worden sind (Spalten in den Felsmassen scheinen der Anfang für die Entstehung von Vulkanen zu sein), und die fast alle Bimssteintuffe und Asche auswerfen; es muß aber angenommen werden, daß die Bestandteile dieser Materialien in allen Felsarten enthalten sind, daß sie beim Einwirken von Dämpfen und Gasen auf die geschmolzene Gesteinmasse erzeugt werden.

10. Jede Gebirgsspitze ist daher imstande, sich zu einem Vulkane auszubilden, sobald nur die unterirdischen Dampfspannungen einen genügenden Druck ausüben, um eine Öffnung durchzubrechen; aber anderseits schließen sich die Krater, und es erlöschen die Vulkane, wenn der Dampfdruck außerstande ist, die Ventile offen zu erhalten. Wenn Vulkane auch eine Zeitlang ihre Tätigkeit eingestellt haben, so kann doch ein neues Anwachsen des unterirdischen Dampfdruckes die Tätigkeit von neuem eröffnen; es wurde gefunden, daß in solchen Fällen die Heftigkeit der Eruption eine bedeutend größere ist. Dem analog erklärt sich auch die furchtbare Wirkung von Erdbeben in Gebieten, welche keine Ventile für den Austritt der unterirdischen Dämpfe besitzen.

11. Die Berge werden durch Einströmen dampfgesättigter Lava in die feste Kruste gebildet, wobei die darüberliegenden Gesteinschichten gehoben und durchbrochen werden, und ein Kamm entsteht, der fast immer zur Meeresküste parallel ist.

12. Durch das fortwährende Einströmen der Lava unter das Land wird die Küste gehoben, es werden Gebirge gebildet, und einige Spitzen derselben brechen oft zu Vulkanen auf, während gleichzeitig die Stütze des Meeresgrundes durch das Auskühlen der flüssigen Masse untergraben wird, so daß der Meeresgrund in gewissen Zeitintervallen sinkt, um das Gleichgewicht wieder herzustellen.

13. Das Sinken des Meeresbodens bei diesem natürlichen Vorgange der Lavaeinströmung unter das Land ist die Ursache jener Seewellen, die oft heftigen Erdwellen folgen, wobei sich das Wasser zuerst vom Ufer zurückzieht, um dann als gewaltige Flutwelle zurückzukehren. Jene Wellen aber, die plötzlich ohne vorausgehenden Rückgang des Wassers eintreten, sind submarinen Erhebungen und Ausbrüchen zuzuschreiben.

14. Inseln werden durch Lavaergüsse unter dem Meeresgrunde gebildet; da diese Ergüsse von allen Seiten aus erfolgen, so stellen ihre Gebirge gewissermaßen ein wirkliches Rückgrat dar. In vielen Fällen wird der benachbarte Meeresgrund bei diesem Prozesse untergraben, wodurch neben der Insel ein Einschnitt entsteht. Die Tatsache, daß nicht alle Inselbildungen von dieser Erscheinung begleitet sind, ist noch kein Beweis gegen die Theorie, weil eben die Bildung der Einsenkung keine Folge der Inselbildung ist, sondern durch die letztere bei besondern Zufälligkeiten nur verursacht werden kann.

15. Beim Ausbessern von Seekabeln, die durch Erdbeben zerrissen wurden, fand man oft, daß solchen Störungen beträchtliche Senkungen des Meeresbodens folgten. Diese Senkungen beliefen sich gemäß gemachten Messungen bis auf 100 Faden Tiefe.

16. Der Meeresboden senkt sich nicht, ohne daß die Lava unter der Kruste an einer andern Stelle hinausgedrückt wird, wie z. B. bei Inseln, unterseeischen Riffen oder an der Küste. Keine dieser Bewegungen kann der säkularen Abkühlung der Erde zugeschrieben werden, hingegen werden alle Erschütterungen durch die Wirkung des Dampfes in einfachster Weise erklärt.

17. Berge im Binnenlande, wie z. B. die Riesenfelsengebirge von Kolorado, zeigen keine besondern Bewegungen, während jene an der Küste, z. B. die Anden, sich fortwährend erheben; dies beweist wieder, daß das Meer und nicht die säkulare Abkühlung der Erde hierzu die Ursache bildet.

18. Die einzigen erdbebenfreien Länder sind die Wüsten, welche aber leider unbewohnbar sind; daher können wir den Erdbeben nicht entgehen, und wir müssen Gebäude, die für längere Zeit bestimmt sind, derart einrichten, daß sie ihnen ohne materiellen Schaden widerstehen.

19. Während im großen ganzen die Hebung des Festlandes vorherrscht, so gibt es auch ein Sinken, welches dem Nichtzusammenwirken der Kräfte in gewissen Strichen unter der Kruste zuzuschreiben ist. Es ist müßig, diese oszillatorischen Bewegungen der Kruste leugnen zu wollen, um so mehr, da manche Beweise hierfür klar festgestellt wurden. Jede Insel, welche im Meere aufgeworfen wurde, ist Zeuge dieses allgemeinen Naturgesetzes.

20. Da in die Kruste Wasser aufgenommen wird, sowohl durch die Kristallisation der Felsarten als auch durch die Vorgänge bei Erdbeben, und nachdem nur ein Teil dieser Dämpfe durch die Vulkane der Erdoberfläche zurückgegeben wird, gibt es ein säkulares Austrocknen der Meere. Dieser Vorgang geschieht äußerst langsam und ist in historischen Zeiten nicht zu beobachten, obwohl das teilweise Rückschreiten des Strandes in geologischen Perioden auf diese Ursache zurückzuführen ist.

21. Die Erhebung der Plateaus hängt von derselben Ursache ab, welche die Berge bildet; Beweis hierfür ist die Tatsache, daß auch

die Plateaus sowie die Gebirge auf erstarrten Laven, Bimssteintuffen usw. aufliegen, wie die geologische Forschung festgestellt hat.

22. Zweifellos gehen auch chemische Prozesse unter der Erdkruste vor sich, wo die Gewässer die Laven durchdrungen haben, und wo überhitzter Wasserdampf auftritt. Auch die Vorherrschaft des Wasserdampfes im Auswurfe der Vulkane zeigt, daß die andern dabei auftretenden Gase nur Nebenprodukte sind, welche Feuchtigkeit und große Hitze gebildet haben; auch die Zerstäubung des Wasserdampfes ist eine Folge dieser Tatsachen.

Vulkanismus.

Normaler und anormaler Wert der geothermischen Tiefenstufe. Prof. Königsberger (Freiburg i. B.) verbreitete sich in Abteilung Ib der 79. Versammlung der deutschen Naturforscher in Dresden hierüber. Man weiß durch Beobachtungen in tiefen Bohrlöchern in verschiedenen Teilen der Erde, daß die Temperatur mit der Tiefe ziemlich rasch steigt. Als erster hat Kircher in Fulda 1662 in seiner „Unterirdischen Welt“ es klar auszusprechen gewagt, daß die Temperatur im Erdinnern beträchtlich zunimmt, je mehr man sich dem Mittelpunkte der Erde nähert. Es ist ferner bekannt, daß die geothermische Tiefenstufe ziemlich bedeutenden Schwankungen unterliegt. Im Durchschnitte beträgt die Temperaturzunahme ungefähr 30° auf 1000 *m*. Gemäß den neuern Messungen lassen sich nach dem Redner fünf verschiedene Gebiete für die Tiefenstufe unterscheiden: 1. In ebenen Gegenden fern von Bergen und großen Wassermassen in Sedimenten, 2. unter Bergen und Tälern in Tunneln, 3. in der Nähe großer Wassermassen, 4. in jungvulkanischen Gegenden und 5. in Lagerstätten von Kohlen, Petroleum, Erz. Auf Grund seiner Annahmen konnte Redner die Temperaturzunahme unter Bergen, wie z. B. bei den Tunnelbauten der Gotthard-, Mont Cenis- und Simplonbahn in guter Übereinstimmung mit den wirklichen Messungen berechnen. In der Nähe großer Wassermassen (Küste von Holland, in England und Australien) wird die Temperaturzunahme durch die Wärmeableitung des Wassers erheblich verkleinert. Aus den Messungen der Temperaturzunahme in jungvulkanischen Gegenden läßt sich die Tiefe der schmelzflüssigen Laven ermitteln, und auch die wechselnde Tätigkeit eines Vulkanes prägt sich deutlich in der Temperaturzunahme des Vulkankegels aus.

Das vulkanische Ries und seine Erdbeben. Nach den Untersuchungen von Dr. J. Reindl[1]) ist die Entstehung des Rieses unzweifelhaft auf tektonische Ursachen zurückzuführen, und zwar

[1]) Potoniés Wochenschrift 1907. p. 698.

glaubt er allen Grund zu haben, behaupten zu dürfen, dieses Gebiet gehöre in jene große Reihe von Querspalten, die an verschiedenen Orten den Jura durchsetzen und auf Einbrüche zurückzuführen sein werden. Chr. Gruber und zahlreiche andere Forscher haben diesen Gedanken bereits ausgesprochen, und Reindls Untersuchungen bekräftigen vollständig deren Meinung. Daß diese tektonischen Störungen am Riesrande bis tief hinein in die Quartärzeit reichten, darf wohl angenommen werden, und manche Dislokationen dürften auf solche Einstürze zurückzuführen sein. Manche Erderschütterungen im Ries sind vielleicht besser als Relaisbeben zu bezeichnen, viele von ihnen jedoch können als selbständige Beben mit lokaler Natur bezeichnet werden. Der Umstand muß namentlich auch berücksichtigt werden, daß wir hier ein durch und durch vulkanisches Terrain vor uns haben. Darauf nun, daß im Bereiche anscheinend erloschener Vulkantätigkeit die seismischen Kräfte nur schlummern und sehr leicht zu erneuten, wenngleich nur kurzlebigen Betätigungen ihres Daseins erweckt werden können, wurde wiederholt aufmerksam gemacht, so u. a. von Ratzel mit Hinweis auf die Zustände im westlichen Nordamerika. Auch für Südamerika und für die Randgebiete des Toten Meeres sind von Darwin und Diener ähnliche Gesichtspunkte geltend gemacht worden. Es braucht, sagt Reindl, ein derartiges Erdbeben deshalb durchaus noch kein vulkanisches im technischen Wortsinne sein, so daß also magmatischer Auftrieb die wahre Ursache der Erschütterung wäre, es genügt vielmehr vollkommen, anzunehmen, daß durch die vulkanischen Kraftäußerungen einer längst vergangenen Zeit ein Zustand der internen Lockerung geschaffen ward, der bis zum heutigen Tage nicht gehoben ist, und der zwar unter normalen Umständen nicht in die Erscheinung tritt, sich aber bei nur irgendwie günstiger Gelegenheit sofort zu erkennen gibt. Diese Riesbeben sind also „vulkanisch-tektonische“ oder, um einen Ausdruck W. Brancos zu gebrauchen, „unreine tektonische“ Beben. Vielleicht würde es sich empfehlen, von gemischten Beben generell zu sprechen, da es sehr wahrscheinlich auch nicht an gelegentlichen unterirdischen Einstürzen fehlt, welche durch die mit der vulkanischen Aktion notwendig verbundenen Substanzverluste bedingt sind.

Die Vulkanreihen und Erdbebengebiete Amerikas behandelte Prof. Dr. E. Deckert in der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft.[1])

Die letztvergangenen Jahre, sagte er, geben mancherlei Veranlassung, über Erdbeben, Vulkanausbrüche und ihre wechselseitigen Beziehungen zu berichten. Dem großen Quetjaltenangobeben (am 1. April 1902) folgten die furchtbaren Ausbrüche der St.-Vin-

[1]) Bericht d. Senckenbergischen Naturforschenden Ges. 1907. p. 73.

cent-Soufrière und des Mont Pelé (7. und 8. Mai 1902) auf dem Fuße, und das merkwürdige Zusammenspiel der beiden westindischen Vulkane, sowie das Mitspiel der mittelamerikanischen Vulkane Izalco, Nasaya und Sta. Maria und des mexikanischen Colima dauerten ein volles Jahr, während in Kaschaar, Ardidochan und Manila starke Erderschütterungen stattfanden. Im April 1904 hatte Saloniki das stärkste Beben eines Menschenalters, im Juni Lima, im November Formosa. Im April 1905 folgte das verheerende vorderindische Beben mit seinem Schütterzentrum bei Lahore, im August die Vulkaneruption auf der Samoainsel Sawai, im September das neue schreckliche Beben in Kalabrien. Das Jahr 1906 aber brachte im März ein weiteres verheerendes Beben auf Formosa und im April den gewaltigsten Vesuvausbruch seit 79 n. Chr. Im April ereignete sich aber auch die vernichtende Erdbebenkatastrophe von San Francisco und im August die ganz ähnliche Katastrophe von Valparaiso, so daß durch die gleiche Ursache sowohl die blühendste nordamerikanische als auch die blühendste südamerikanische Hafenstadt am Stillen Ozeane in Trümmer sank, während im Dezember das neueste, große zentralasiatische Beben und im Januar 1907 das neueste, verheerende Kingstonbeben die Reihe bis auf weiteres beschlossen. Von Vulkanen erwachten im Jahre 1906 namentlich der Kilauea und der Alëutenvulkan Bogoslof zu neuem Leben.

Für die Beurteilung der äußern und innern Wechselbeziehungen der Beben unter sich, ebenso wie der Beben mit den Vulkanen, bieten die amerikanischen Verhältnisse besonders günstige Voraussetzungen. Dort ist die gesamte Tektonik und Morphologie der Länder und Meere verhältnismäßig einfach und durchsichtig, die Beobachtungsreihen sind aber wenigstens aus einzelnen Gebieten gute und brauchbare. Vor allem gilt das von Westindien, wo die Beben von Kingston, Guadeloupe und Haiti einerseits und die Vulkanausbrüche des Mont Pelé und der St.-Vincent-Soufrière anderseits sich harmonisch in ein großes System einfügen. Es handelt sich dabei um die weitere Ausgestaltung des Karibischen Meeresbeckens durch Absenkungen und Einbrüche. Der Druck des großen Senkungsfeldes führt auf der Höhe des schmalen Inselrückens, der das Karibenmeer vom Atlantischen Ozeane trennt, seit der Tertiärzeit zu Bodenzerreißungen und Wasserdampfexplosionen, sowie aus den geöffneten Schlünden zu Ascheauswurf und Lavaergüssen. Unter anderm ist namentlich auch der Riesenobelisk, der aus dem Krater des Mont Pelé zu 700 *m* Höhe herauswuchs, der aber nur ein ephemeres Dasein hatte, eine unmittelbare Wirkung jenes Druckes gewesen. In Mittelamerika stehen die Erdbeben und Vulkanausbrüche in ganz ähnlicher Beziehung zu der weitern Vertiefung und Ausdehnung des Stillen Ozeans, und die gesamte vulkanische und seismische Tätigkeit ist dort noch viel umfangreicher und lebhafter als in Westindien. Die Alëutenvulkane bieten ein schönes Seitenstück zu den Antillen-

vulkanen, und das Beringsmeer zeigt ähnliche Verhältnisse wie das Karibenmeer; nur ist es in seiner Ausdehnung noch nicht so weit vorgeschritten wie dieses, namentlich nicht so tief. Der Druck seines Senkungsfeldes bewirkt aber gegenüber dem Shishadin, dem Matushin und andern Vulkanen ähnliche Erscheinungen wie beim Mont Pelé, und das abwechselnde Aufsteigen und Versinken der Spitzen des 1796 aus dem Meere aufgetauchten Bogoslofvulkans erinnert an den „Aiguille" des Mont Pelé. Die häufigen Erdbeben der Gegend werden bei spärlicher Besiedlung meist nicht bemerkt, und die Ausdehnung der Schüttergebiete ist schwer zu beurteilen. Bei den mexikanischen Vulkanen zeigt sich allenthalben eine strenge Abhängigkeit der Vulkane von den seismischen Verhältnissen und damit zugleich von der weitern Ausgestaltung des Stillen Ozeans. Das Gleiche gilt auch von den südmexikanischen Beben und Vulkanriesen. Die Einzelforschung und die Beobachtungsweisen lassen hier viel zu wünschen übrig; die allgemeinen Beziehungen sind aber von Ecuador, Peru und Chile ziemlich klar. Auf dem Scheitel der großen Antiklinalen, die die Andenketten darstellen, erfolgen hier ebenfalls Zerreißungen und vulkanische Explosionen oder Lavaergüsse. So spielen zurzeit um Quito herum abwechselnd der Cotopaxi, der Pichincha, der Tunguragua, der Cumbal und andere Feuerberge, während der Sangay seit 1728 überhaupt nicht zur Ruhe gekommen ist. So haben auch der Maipo und Tupangato im Osten von Valparaiso, der Villan und Antuco östlich von Concepcion und der Villarica und Calbuco östlich von Valdivia in Abhängigkeit von den dort gelegenen habituellen Schütterherden vor der historischen Zeit mehrfach heftige Ausbrüche gehabt. Auch im Hinterlande des kalifornischen Hauptschütterherdes, am Goldenen Tore von San Francisco, tobten einst Vulkane, und nur gegenwärtig sind dieselben in ihrer Tätigkeit erlahmt; die Möglichkeit eines Wiedererwachens ist aber bei ihnen nicht völlig ausgeschlossen. Jedenfalls erfolgen durch den Schollendruck, den die starken Erdbeben andeuten, umfangreiche, oberflächliche Bodenzerreißungen und Spaltenbildungen. Im Mississippibecken handelt es sich bei den nicht selten großen Beben, die Schüttergebiete bis zu zwei Millionen Quadratkilometer gehabt haben, um eine Senkung der innern Landesteile, bzw. um eine Synklinalebildung, wobei sich Kraterschlünde nicht öffnen können. Die Senkung scheint aber erneut fortschreitende Verschlimmerung der Mississippiüberschwemmungen im Gefolge zu haben.

Lavaspalten und Kraterrillen auf Island schilderte auf Grund eigener Forschungen Dr. W. v. Knebel.[1])

„Schon von den ältesten Beschreibern Islands wird ein Gebilde mit Bewunderung dargestellt, welches in der Nachbarschaft der

[1]) Gaea 1907. p. 547.

Thingvallavatn auf der alten Gesetzesstätte des Landes, der Thingebene (Thingvellir) auftritt; es ist die Almannagjá, die Allmännerschlucht. Das isländische Wort Gjá, Plural Gjár (sprich Gjan bzw. Gjanr), bedeutet soviel wie Felsspalte, und es wird auf Island immer nur auf jene Spalten angewendet, welche mit senkrechten Wandungen begrenzt im Gebiete jüngerer Laven sich befinden. Somit ist unter dem Worte Gjá ein bestimmtes geologisches Gebilde verstanden.

Die Almannagjá ist eine etwa 7 *km* lange, nahezu gerade in nordöstlicher Richtung sich erstreckende Spalte in der Nähe des Randes von einem riesenhaften Lavafelde.

Die Wände dieser gewaltigen Spalte sind auf ihrer Nordwestseite etwa 30, gelegentlich sogar 40 *m* hoch, auf der südwestlichen Seite aber bedeutend niedriger, da die Lava daselbst abgesunken ist. Im Verlaufe der Spalte nach Nordosten wird das Ausmaß dieser Verschiebung immer geringer, bis die beiden Wandungen der Almannagjá schließlich gleich hoch sind, und die Spalte selbst, immer unbedeutender werdend, verschwindet.

Die Spalte befindet sich lediglich im Gebiete der Lava, und an dem eben geschilderten nördlichen Ende der Spalte ist auch bald der Rand des Lavafeldes erreicht.

In östlicher Richtung schließt sich an die Almannagjá die große Lavafläche des Thingvellir, in der sich ebenfalls zahlreiche, aber kleinere Spalten — Gjár — befinden, die annähernd in gleicher Weise einen nordöstlichen Verlauf besitzen wie die große Almannagjá. Die Abbildung (Tafel IV) gibt ein Bild dieser seltsamen Landschaft.

Wandern wir weiter nach Osten, so begegnen wir der Hrafnagjá (Rabenkluft), welche ähnlich der Almannagjá eine Länge von mehrern Kilometern besitzt, ohne sich jedoch in derart scharfer Weise im Gelände auszusprechen."

v. Knebel kommt zu der Überzeugung, daß das Spaltensystem der Thingvallaebene nicht tektonischen Ursprunges ist, sondern auf Ursachen zurückzuführen ist, welche während der Bildung des riesigen Lavafeldes sich ereignet haben.

Tempest Anderson, ein wohlbekannter englischer Vulkanologe, hat diese Spalten als nichts anderes gedeutet, als außergewöhnlich große Beispiele jener Risse, die man in vielen Lavaströmen kennt, welche dann entstehen, wenn unter der schon verfestigten Lavaoberfläche das innere noch flüssige Magma weiterströmt. Hierbei bricht die Lavadecke oftmals ein, und es entstehen vielfach untereinander und der Längsrichtung des Lavastromes parallele Spalten.

Eine solche Deutung auf die bis zu 7 *km* langen Spalten der Thingebene zu übertragen, mag auf den ersten Blick als ein sehr gewagter Versuch erscheinen, und man kann wohl sagen, daß diese Erklärung bisher eigentlich unberücksichtigt geblieben ist. Alle

andern Beobachter, so beispielsweise diejenigen, welche am meisten zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse Islands beigetragen haben, also Keilhack, Preyer und Zirkel, Thoroddsen, stehen auf dem Standpunkte, daß diese Spalten tektonische seien.

Indessen stimmt ihm v. Knebel durchaus bei und gibt dafür im einzelnen Gründe an. Aus dieser Deutung folgt dann weiter, daß diese Spalten nicht mit Erdbeben in Verbindung zu bringen sind.

Über Kraterrillen Islands bemerkt v. Knebel im wesentlichen Folgendes. „Die großen Lavafelder verdecken die Spalten, von welchen die Lava aus der Tiefe hervorgebrochen ist. Sei es nun, daß die Lava aus verschiedenen Kanälen, sei es, daß sie aus sich öffnenden Spalten ausgegossen wurde, wir wissen jedenfalls nichts über die Art des Hervorbrechens der Lavadecke. Es sei denn, daß sich über den Spalten, aus welchen die Vulkanmassen ausströmten, Kratere aus zerspratzten Lavablöcken und Schlacken gebildet haben. Ist in der Tiefe eine größere Spalte vorhanden gewesen, so müssen diese Kratere, die sich über ihr gebildet haben, eine lineare Anordnung zeigen, und es gibt in der Tat auf Island sehr viele Orte, an denen man Kraterreihen beobachten kann, bei welchen die einzelnen Kraterkegelchen ähnlich den Perlen auf einer Schnur aneinandergereiht sind. Die größte dieser Kraterreihen ist die durch die Beschreibung A. Hellands bekannte Kraterreihe des Laki im Süden der Insel. Andere kleinere Kraterreihen finden sich im Südwesten Islands auf der Halbinsel Reykjanes, ferner in den großen zentralen Lavagebieten nördlich vom Vatna Jökull. Wir wenden uns hier zu einigen Beobachtungen an kleinen Kraterrillen, welche östlich vom Mückensee auftreten. Daselbst sind Reihen von zahlreichen kleinen Kratern vorhanden, die eine schnurgerade Anordnung besitzen.

Solche Kraterrillen hätten an sich nichts Merkwürdiges, wenn nicht in gerader Verlängerung von ihnen Dolinen in der Lava aufträten, die auf langgestreckte Höhlen führen. Wir haben hier die äußerst merkwürdige Tatsache, daß einerseits der Vulkanismus hervorgebrochen ist und die Aschen und Schlacken zu kleinen Kraterkegeln aufgeworfen hat, ferner daß, wie deutliche Lavastandsmarken beweisen, Lava in ihnen emporgestiegen ist, und schließlich, daß wir in unmittelbarer Nachbarschaft jener Eruptionsspalten Höhlen in der Lava antreffen. Als die Lava hervorbrach, konnten unmöglich jene Höhlen vorhanden sein, denn der Vulkanismus hätte nicht hervortreten können, wenn noch Platz in unmittelbarer Nachbarschaft der Eruptionsspalte gewesen wäre. Aber jene Höhlen konnten auch nicht dadurch entstehen, daß etwa Lava irgendwo seitlich ausgebrochen ist. Wir haben ja nicht jene auf schräger Unterlage befindlichen Stromlaven von Feuerbergen vor uns, sondern mehr oder weniger horizontal ausgebreitete, unermeßlich weite Lavadecken. Ferner sind diese Höhlungen in der Lava merkwürdigerweise gerade nur auf die Eruptionsspalten beschränkt, während sie sonst



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Jahrbuch XVIII, 1907.
Tafel IV.

Spalten im Lavafeld von Thingvellir (Logberg).

Rechts über den Häusern, das südliche Ende der Almannagjá; im Hintergrund der Thingvallasee; Blick nach SO.

doch auch innerhalb der ganzen Lavamassen gleichartig auftreten müßten.

Nun gibt es allerdings Höhlen in der Lava, welche aber einen blasenartigen oder kurz gewundenen Charakter an sich tragen und durchaus anderer Art als diese langgestreckten Gänge sind, welche an diesen Kraterrillen vom Verf. beobachtet wurden.

Es bleibt für diese Verhältnisse nur eine einzige Deutung: nämlich, daß nach erfolgter Eruption Lava in die Tiefe zurückgeflossen ist.

Rückflußerscheinungen von Lava nach erfolgter Eruption sind von vielen Autoren schon vermutet worden. Wir erinnern daran, daß nach Alfons Stübel die Calderen, jene großen kesselförmigen Gebilde, welche die Eruptionskegel tätiger Vulkane vielfach umgeben, auf diese Weise entstanden sein sollen. In einigen Gebieten Süddeutschlands haben W. Branko und E. Fraas den Nachweis geführt, bzw. in hohem Maße wahrscheinlich gemacht, daß infolge teilweisen Rückflusses vulkanischer Massen nach ihrer Emporpressung Becken entstanden sind, wie beispielsweise das vulkanische Ries von Nördlingen und das in so vielfacher Hinsicht interessante Becken von Steinheim in Württemberg.

Verfasser selbst hat bei den Lavavulkanen auf Island auf deutliche Rückflußerscheinungen von Lava hingewiesen. An der Spitze jener Vulkane befinden sich nämlich Becken, welche gewöhnlich als „Krater“ bezeichnet werden, wiewohl sie mit echten Krateren gar nichts gemein haben. Man kann vielmehr an ihnen erkennen, daß bereits erstarrte Lavamassen zusammengesackt sind; es finden sich kreisförmige oder annähernd kreisförmige Brüche mit offenen Rissen, längs deren ein stufenförmiges Absinken infolge von Einbrüchen zu erkennen war.“

Nach weitern Erörterungen kommt v. Knebel zu folgenden Schlußergebnissen:

1. Wir haben in den Spalten Islands, den Gjár, Zerreißungserscheinungen der Lava, höchstwahrscheinlich infolge von Abfluß glutflüssigen Magmas im Innern der Lavamassen nach der Tiefe.

2. Rückflußerscheinungen finden sich an vielen Vulkanen Islands, insonderheit deutlich ausgesprochen an einigen der Kraterrillen, von denen wir hier zwei besonders interessante herausgegriffen haben. Bei diesen fanden sich infolge von Rückfluß von Magma nach der Tiefe kanalförmig gestaltete Höhlengänge, welche die Eruptionsspalten in gerader Linie fortsetzen.

3. Es gibt zweierlei Spalten, nämlich Zerreißungsspalten (vergl. 1.) und Eruptionsspalten. Die letzten mögen in vielen Fällen präexistierend sein, in andern aber sind sie nachweislich durch die Eruption selbst erst gebildet worden; so bei dem Lavastrome im Hrossadal.

4. Rückflußerscheinungen können sich auch ereignen, ohne daß äußere Spalten oder Kraterrillen zu erkennen wären. Auf solche

Weise entstehen kanalförmige Höhlungen, ähnlich jenen in 4. angegebenen. Dann bilden sich aber Dolinen, welche durch ihre reihenförmige Anordnung eine Kette von Vertiefungen bilden (bei dem Surthellir sind es deren drei), die aber naturgemäß in der Oberflächengestaltung des Terrains sich weit weniger aussprechen.

Die nacheinanderfolgenden Phasen der vulkanischen Tätigkeit auf Island zeichnete auf Grund der bisherigen Beobachtungen Dr. K. Schneider.[1]) Er findet, daß dieselbe immer mehr und mehr im Abnehmen ist. ,,Im Tertiär ergossen sich die basaltischen Laven über weite Flächen in gleichmäßiger Lagerung und Ausbildung. Während sich ihre Flächenmaße heutzutage gänzlich einer Schätzung entziehen, da wir nicht wissen, welche Massen zur Tiefe gesunken sind, haben wir zur Beurteilung ihrer gesamten Mächtigkeit doch gewisse Anhaltspunkte. Aus ihnen hat man dafür 3000 bis 4000 *m* angegeben. Trotzdem zwischen den einzelnen Basaltdecken oft mehr als 1 *m* mächtige Tuffschichten lagern, so ist doch Lava die überwiegende Förderungsart. Diese war die herrschende Form im jüngsten Tertiär, in welchem der präglaziale Dolerit gefördert wurde. Schon daraus, daß man ihn bis heute auf den Island benachbarten Inselgruppen nicht nachweisen konnte, ergibt sich die räumlich beschränkte Ausdehnung. Stellt man die ohne Zwischenlagerung von Tuffen aufeinanderliegenden Decken den ältern Basalten gegenüber, so kann man sich nicht enthalten, für sie einen hohen Grad von Dünnflüssigkeit vorauszusetzen, welche es den in diesem Magma eingeschlossenen Gasen sehr leicht machte, zu entweichen. Keine von den beiden Lavaarten, weder Basalte, noch Dolerite, modellierten auf Island Bergformen, Kuppen oder Kegel. Konkordant übereinander gelagert bedingten und verursachten sie die Hochflächennatur der Insel. Nur durch spätere Dislokationen wurden Horste herausgeschnitten, welche einen Wechsel von hoch und niedrig, Berg und Tal herbeiführten, soweit nicht fließendes Wasser diese Formen schuf. Eine längere Ruhepause scheint nach dem Hervorquellen des Dolerits eingetreten zu sein. Die Eiszeit hatte eingesetzt, war sogar schon wieder zum Teile im Rückgange begriffen, als eine neue Phase eingeleitet wurde. Heftige Gasexplosionen machten den Anfang. Flüssige Lava, wie bis dahin, war ganz zurückgetreten. In allen Größenverhältnissen wurden die zerborstenen Basalte und Dolerite aufgeworfen. Allzu umfangreich sind — soweit man dies beurteilen kann — die Flächen aber nicht, welche von diesen Massen bedeckt werden. Auffallend bleibt es, daß die Basaltregion fast ganz davon verschont blieb. Nur vereinzelt sind in ihr solche Tuffkegel aufgesetzt. Ein neues Moment in dem vulkanischen Entwicklungsprozesse tritt auf. Die Massen bilden

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 177.

Berglandschaften, die sich allerdings nicht auf einen weiten Umkreis und Ausdehnung erstrecken. Dies ist zunächst auch nicht gut möglich. Wie uns rezente Paroxismen aus den verschiedensten Teilen der Erde lehren, werden bei solchen Förderungsmethoden die feinsten Massen zerstäubt und weithin zerstreut. Nur das grobe und gröbste Material wird in unmittelbarer Nachbarschaft der Ausbruchsstelle zur Ablagerung kommen. Festgehalten muß für Island werden, daß sich diese Explosionsausbrüche fast durchweg in den stark dislozierten Doleritgebieten finden und dazu fast immer in den tiefsten Teilen. Diese vulkanischen Kraftäußerungen mußten zudem katastrophaler vor sich gegangen sein als die der ersten Phasen.

Wieder eine neue Phase folgte. Aus den Tiefen quollen Lavamassen heraus, welche an ihrer Oberfläche Wülste und Schnüre bildeten, bei allem aber in einem Flüssigkeitszustande hervorkamen, daß sie sich dank ihrer Menge flach über weite Strecken ausdehnen konnten. Es sind jene Massen, welche sich heute als Helluhraun repräsentieren und auch dadurch von den Glutbreimassen der frühern Phasen zu unterscheiden sind, daß sie gipfelbildend auftreten, und zwar jene eigenen schildförmigen Vulkane aufbauen, welche dem Hawaitypus angehören, und von denen der Theistareykjabunga im Myvatner Staffelland ein Vertreter ist. Tuffe spielten bei diesen Ausbrüchen gar keine Rolle.

Wieder folgten diesen reine Explosionsausbrüche. Das Explosionsgebiet um den Myvatn fand eine kurze Skizzierung. Die Magmamassen, welche daneben gefördert werden, gewähren den in ihnen eingeschlossenen Gasen nicht mehr die leichten Austrittsmöglichkeiten, diese mußten vielmehr energisch sich einen Ausweg bahnen. Dadurch gaben sie der Lava die eigene Struktur und das Aussehen, das wir in der Apalhraun festlegen konnten.

Bei der geographischen Lage der jüngsten Lavamassen muß nur erwähnt werden, daß sie sich ganz den Verbreitungsgebieten der Tuffe dieser Ausbruchsphase anschließen, und als solche zeigen sich die Gebiete von Reykjanes und Myvatn mit ihrer weiten Umgebung. Welche Stellung das Gebiet westlich des Vatnajökull einnimmt, ist nicht ganz klar.

Aus der kurzen Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus auf Island ergibt sich, wie sich dieser immer mehr und mehr einschränkt und auf gewisse Gebiete konzentriert. Welches in der Gegenwart das ausbruchreichste Gebiet ist, läßt sich wohl aus den historisch bekannten Ausbrüchen einigermaßen feststellen. Th. Thoroddsen hat solch eine Übersicht bereits vor langer Zeit gegeben, nachdem schon Preyer und Zirkel einen Vulkankatalog seinerzeit zusammengestellt hatten. Daraus würde sich wohl ergeben, daß das Südland in historischer Zeit öfter heimgesucht wurde als das Nordland. So hatte die Hekla allein 20 nachweisbare Eruptionen, deren letzte in

das Jahr 1845/46 fällt, während im Nordlande Ausbrüche eigentlich erst seit Beginn des 18. Jahrhunderts von drei Stellen berichtet wurden. Dazu kommt noch der Umstand, daß das Südland von Erdbeben sehr häufig heimgesucht wird, welche lähmend auf die Bewohner einwirken. Ob diese isländischen Erdbeben aber in die Kategorie der tektonischen Beben zu stellen sind, wie es Thoroddsen anzunehmen scheint, mag unerörtert bleiben. Die Vermutung liegt wenigstens sehr nahe, sie als vulkanische Beben anzusprechen."

Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln bildete den Gegenstand einer literarischen Studie von Hans Simmer,[1]) welche sich durch höchst sorgfältige und umfangreiche Sammlung und Verwertung des vorhandenen Materials auszeichnet. Im ganzen gibt es hiernach in Afrika und auf den afrikanischen Inseln 17 tätige Vulkane oder Vulkanbezirke, nämlich:

1. auf dem Festlande. a) aktive: Kirunga tscha Namlagira, Kirunga tscha Niragongo (beide in Ostafrika), Teleki (Südende des Rudolfsees), Sugobo oder Andrew (südwestlich vom Rudolfsee). b) intermittierende: Dönje Ngai (Massailand), Orteale (beim großen abessynischen Bruchrande), Dubbi oder Vulkan von Edd (östlich von dem vorigen unter 13° 55′ nördlicher Breite); c) dubioaktive: Meru (Kilimandscharogebiet), Mongo ma Loba (Großer Kamerunberg), Dofane (Abessynien).

2. auf den Inseln. a) aktive: Kartala (auf Großkomoro), Vulkan von Réunion (oder Piron de la Fournaise); b) intermittierende: Fogo (Kapverden), Bezirk der Montañas del Fuego (auf Lanzarote), Bezirk von Fuencaliente (auf Palwa), Bezirk des Pico de Teyde (auf Tenerifa), Arafobezirk (Tenerifa).

Abgesehen von den frühern Epochen fand gegen Ende des Diluviums in vielen Teilen Afrikas und auf vielen Inseln desselben eine sehr rege vulkanische Tätigkeit statt, gegenwärtig aber ist dieselbe sehr schwach, und in Tätigkeit befinden sich nur mehr wenige, sämtlich in der Nachbarschaft erloschener Vulkane. Aber auch bei manchen dieser aktiven Feuerberge scheint die nötige Kraft zum Ausbruche nicht mehr vorhanden, oder die eruptive Tätigkeit bereits bis zum schwachen Solfatarenzustande erlahmt zu sein. Ganz abgesehen von den Inseln stehen die meisten Vulkane Afrikas entweder in versenkten Bruchfeldern, wo die Zersplitterung der Erdkruste besonders stark war (Kilimandscharo, Meru, Kenia, Elgon, Kamerunberg) oder wie auch in vielen andern Erdgegenden am Rande von Einbrüchen und in der Nachbarschaft von Einsenkungen. Schließlich bemerkt H. Simmer: „Da alle Vulkane Afrikas zweifellos

---

[1]) Münchner Geogr. Studien. Herausgegeben von Sigmund Günther, 18. Stück. 1906.

mit tektonischen Störungen zusammenhängen, was unmöglich ein bloßer Zufall sein kann, und ohne Frage Spaltenbildung und Schollenversenkung als primäre, und vulkanische schöpferische Tätigkeit als sekundäre Erscheinungen zu betrachten sind, so liefern uns die jungvulkanischen Erscheinungen Afrikas einen klaren, schlagenden Beweis dafür, daß Vulkanismus und tektonische Brüche nicht nur in örtlichem, sondern auch in ursächlichem Zusammenhange stehen.

Auch in Afrika begegnen wir der Erscheinung, daß die tätigen Vulkane fast alle entweder an Seen oder nahe am Meere stehen; wir dürfen daraus sicherlich schließen, daß die Nähe größerer Wasseransammlungen günstig auf die Tätigkeit eines vulkanischen Herdes einwirken muß, daß zweifellos zwischen beiden eine Beziehung besteht.

Schließlich sei noch die Tatsache vermerkt, daß auch in Afrika und auf mehrern afrikanischen Inseln, gleich vielen andern Vulkangegenden der Erde, sowohl schon längst erloschene als noch tätige Vulkangebiete öfters seismische Zentren bilden, wie der Kilimandscharo, die Kirungavulkane, der Gurue und anscheinend auch der Kenia. Das Gleiche gilt für das zentrale Vulkangebiet in der Nähe der Hauptstadt Madagaskars, für Madeira und noch mehrere andere Inseln.“

Der Gebirgsbau und die Vulkane Sumatras. Aus Veranlassung früherer Forschungen im Ostindischen Archipel hat Prof. Dr. Wilhelm Volz (Breslau) in den Jahren 1904 bis 1906 ausgedehnte Untersuchungen über den Gebirgsbau Sumatras ausgeführt, die zu dem wichtigen Ergebnisse leiten, daß der Norden dieser großen Insel von dem mittlern und südlichen Teile in wesentlichen Punkten abweicht, und daß die jungen Vulkane zwar in Zertrümmerungsgebieten liegen, aber unabhängig von präexistierenden Spalten sich ihre Auswege selbst gebahnt haben. In der Sitzung der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften am 7. Februar wurde durch Prof. Branco ein vorläufiger Bericht des Prof. Volz über seine Reise und deren Hauptergebnisse vorgelegt, und entnehmen wir demselben folgendes[1]):

Prof. Volz verließ im Frühjahre 1904 Deutschland und langte im Mai auf der Ostküste Sumatras an, wo es ihm dank der Unterstützung der holländischen Regierungsvertreter möglich wurde, seine Untersuchungen auch über das bislang unbekannte, erst neuerdings dem holländischen Gouvernement einverleibte Nordsumatra auszudehnen. Seine Reisen erstreckten sich im wesentlichen auf das Gebiet im Westen des 100. Grades östlicher Länge von Greenwich, und er hat während derselben etwa 6000 *km*, stets zu Fuß, zurückgelegt.

Die Schilderung der Einzelheiten dieser überaus mühevollen Reisewege kann hier übergangen werden, die Hauptergebnisse der-

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wiss. 1907. VI. p. 128 ff.

selben, soweit sie heute überschbar erscheinen, sind nach Prof. Volz folgende:

„Nordsumatra unterscheidet sich von Mittel- und Südsumatra in sehr erheblichen Punkten: durch die große Bedeutung, welche die malaiische Formation und speziell das Urgebirge für den geologischen Aufbau hat, durch die beträchtlichen Meereshöhen, die das Sedimentgebirge erreicht (bis über 2500 *m*), sowie durch die Armut an jungen Vulkanen. Man kann von Nordsumatra über Mittel- und Südsumatra nach Java, ja auch den kleinen Sundainseln, eine gleichmäßige Verschiebung dieser Momente beobachten: je mehr die Bedeutung des alten Gebirges abnimmt, desto geringer wird die Maximalmeereshöhe des Sedimentgebirges überhaupt, desto mehr nimmt die Bedeutung des jungen Vulkanismus zu; man dürfte nicht fehl gehen, wenn man auch einen innern Zusammenhang vermutet.

„Der 100. Längengrad bildet für Sumatra eine auffallende und bedeutsame Scheide: ihm etwa folgt, quer durch Sumatra von Norden nach Süden der Abbruch des nordsumatranischen Gebirges; an ihm schneidet die etwa 175 bis 225 *km* breite mittel- und südsumatranische Küstenniederung scharf ab, und weiter westlich liegt dem Gebirge nur ein schmaler Flachlandsstreifen vor. Hier also liegt die natürliche Ostgrenze von Nordsumatra . . .“

Zwei gegen Südwesten gerichtete Bogen ließen sich im alten Hochgebirge von Sumatras Westküste verfolgen: der Padanger Bogen und der Tapanulibogen; letzterer setzt sich zwischen dem 99. und 100. Längengrad durch das unabhängige Battakland nach Norden hin fort als Unterlage der jüngern Bildungen; mächtige Quarzite und Grauwackenschiefer mit nordsüdlichem Streichen fand Prof. Volz im nördlichen Habinsaran über 1000 *m* sich erhebend, begleitet von Graniten und Syenitgraniten. Das südliche Habinsaran, Padang Bolak und Padang Lawas wird im wesentlichen von Tertiärsedimenten eingenommen, durchbrochen von mächtigen Zügen tertiärer Porphyrite. Das anstoßende mittelsumatransiche Flachland gehört bereits dem Quartär zu. An der Grenze von Habinsaran und Asahan liegt ein mächtiger Altvulkan von etwa 2100 *m* Höhe, der Dolok Surungan, welcher wahrscheinlich dem jüngsten Tertiär zuzurechnen ist, mit dem Ende seiner Tätigkeit aber wohl noch in das Diluvium hineinreichte. Alle diese Gebiete werden von diluvialen Quarztrachyttuffen eingedeckt, so daß nur die höhern Bergzüge frei bleiben.

Eine große Bedeutung gewinnen die jungtertiären und zum Teile wohl noch diluvialen Andesite und Porphyrite im Gebiete des Tobasees; sie bilden, sich etwa 500 *m* über seinen Spiegel erhebend, seine östliche Umrandung, ebenso wie sie das sich südlich anschließende dreieckige Tal von Silindung umfassen und bilden.

Im Westen des Tobasees treten die Ketten des alten Hochgebirges wieder in Erscheinung; von 300 bis 500 *m* mächtigen Quarz-

trachyttuffen bedeckt, bilden Quarzitschiefer und harte Tonschiefer das westliche Seeufer. Langgestreckte, parallele Schieferketten mit SO—NW-Strichen durchziehen das westlich des Tobasees gelegene Land der Pakpaks und zeigen im Westen, an ihrem Abbruche gegen die breite, sich über 80 *km* ins Land hineinziehende Niederung von Singkel deutlich die Tendenz, in ihrem Streichen nach Norden umzubiegen. Ausgesprochen ist dies Verhalten an der nördlichsten dieser Ketten zu beobachten, der Si Buatankette, welche die Grenze zwischen dem Pakpak- und Karolande bildet und im Si Buatan eine Höhe von etwa 2250 *m* erreicht.“ Man hat also hier einen neuen Bogen des alten Hochgebirges, den Prof. Volz als Battakbogen bezeichnet.

„Tertiärsedimente nehmen das ganze nördlich der besprochenen Gebiete liegende Stück der Insel ein und bilden auch den Untergrund der Karohochfläche. Als breiter Streifen, oft von jüngern Bildungen verdeckt, ziehen sie sich der Küste folgend bis zur Nordspitze der Insel.

Die ganzen Battakländer sind eingedeckt durch Quarztrachyttuffe, deren Mächtigkeit in der Nähe des Tobasees auf 400 bis 500 *m* und darüber steigt. Es ist dies ein Gebiet von etwa 35 000 *qkm* Größe, etwa so groß wie Baden und Württemberg zusammen. Die Bedeckung ist derart, daß in den mehr randlichen Gebieten, wo die Mächtigkeit der Tuffe nicht gar so groß ist, nur die Täler von den Tuffen erfüllt werden, während die Bergzüge durchragen, in den zentralen Teilen hingegen sind bisweilen große Strecken völlig verhüllt. „Das Alter dieser Tuffe läßt sich aus den großartigen Terrassensystemen, die man allerorts beobachten kann, gut festlegen: sie sind etwa mitteldiluvial. Es bleibt die Frage nach der Herkunft. Daß der Tobasee selbst als Vulkanruine nicht angesprochen werden kann, erhellt aus den Tatsachen schon von selbst. Noch deutlicher aber wird es, wenn wir sehen, wie die Mächtigkeit der Tuffdecke selbst in der Nähe des Sees wechselt. Wir haben eine ganze Reihe von Ausbruchsstellen anzunehmen, die teils im und am Tobagraben liegen, teils aber auch in der weitern Nachbarschaft; es sind zum Teile Kegelberge, zum Teile aber auch Eruptionsstellen, an denen es zur Kegelbildung nicht gekommen ist; dadurch erklärt sich auch die nähere, lappige Form des tuffbedeckten Gebietes von selbst. So stellt sich uns die Quarztrachytproduktion als eine im wesentlichen rasch vorübergegangene Periode intensivster Tätigkeit dar. — Der Tobasee ist ein jüngerer Einbruch im Tuff, gewissermaßen eine Reaktion; er ist etwa 3000 *qkm* groß und hat eine Sprunghöhe von 800 bis 1000 *m*. Ursprünglich stand sein Wasserspiegel um 160 *m* höher, was sich aus wundervollen Terrassen, besonders an seinen südlichen Ufern feststellen läßt.

Südlich des Tobasees haben wir ein großes Granitmassiv, während in der Niederung von Singkel Tertiärsedimente zur Ablagerung gekommen sind. Diese Niederung wird durchflossen vom Simpang

kanan und kiri, dessen rechter Quellfluß das Alasland entwässert, während der linke dem Pakpakgebiet entströmt. Hier geht ein merkwürdiger Schnitt quer durch Sumatra von Süden nach Norden: folgt man dem Stromsysteme des mächtigen Simpang kiri oder Lawe Alas aufwärts, so kommt man in gerader N—S.-Richtung auf ebenem Boden, der allmählich bis gegen 200 *m* Höhe ansteigt, bis an den Fuß der nördlichen jungen Porphyritkette des Serbölangits und würde ohne diese die Meeresküste ohne weitere Steigung erreichen, d. h. mit andern Worten: ein auffallender Tieflandstreifen durchschneidet hier Sumatra quer, nur unterbrochen durch eine recht junge Kette massigen Gesteines.“

Prof. Volz schildert dann das alte Hochgebirgsland des eigentlichen Nordsumatra, das Gajoland, mit seinen drei mächtigen Kettensystemen, die den von ihm sogenannten Gajobogen bilden, dann die Parallelkette des Intem-Intem-Systemes und schildert schließlich die Entstehung der heutigen Insel wie folgt:

„Das alte Hochgebirge verdankt sein heutiges Antlitz zwei Perioden tektonischer Tätigkeit: in alter Zeit wurde es gefaltet, aber vor Beginn des Oberkarbons wieder bis auf die Granitkerne denudiert: es bildeten sich auf dem flachen Schilde die Kalkgrade. Es herrschte (im wesentlichen) Ruhe bis nach Ablagerung der Trias. Dann fand im jüngern Mesozoikum eine neue großartige Gebirgsbildung statt, die sich als horizontaler Schub auf den alten Rumpf äußerte: der Rumpf wurde in einer Reihe von Schleppbogen nach Süden weiter und weiter vorgeschoben. Daß die Bogenbildung erst im Mesozoikum stattfand, zeigen die Lagerungsverhältnisse von Karbon und Trias. So haben wir den Gajobogen, Battakbogen, Tabanulibogen und Padanger Bogen, weiterhin ist ein Korintjibogen leicht zu erkennen und ein großer südsumatranischer Bogen wahrscheinlich. Jeder dieser Bogen ist weiter nach Süden vorgeschoben. Die heutige Westküste markiert diese Bogen, wenn auch nicht genau. Je weiter nach SO, desto schmaler wird der erhaltene Teil des alten Rumpfes, desto mehr versinkt er aber auch.

Der Altvulkanismus durchbrach den ganzen Rumpf, der Jungvulkanismus beschränkt sich auf das innerste (nördliche) Kettensystem. Man hat zu unterscheiden: ältere Andesite, Porphyrite und diabasartige Gesteine des Tertiärs, jüngere Andesite, welche auf der Grenze von Tertiär und Diluvium etwa stehen, Trachyte, die aus dem Diluvium bis ins Alluvium reichen, und jüngste Andesite. Die jungen Vulkane queren im Battaklande die Insel und folgen dann nach Art eines neuen Vulkanbogens der Nordküste. Nur kurz möchte ich auf die zahlreichen großen und kleinen, zumeist jüngern und jüngsten Einbrüche hinweisen, welche allenthalben in der Nachbarschaft der Vulkane auftreten, ein Zusammentreffen, daß einen innern Zusammenhang unabweisbar erscheinen läßt: die Einbrüche sind Ursache und Folge der Ausbrüche. Die Jungvulkane stehen zwar

in Zertrümmerungsgebieten, sie sind aber nach meinen Beobachtungen unabhängig von präexistierenden Spalten oder Brüchen; der Vulkanismus ist dagegen imstande, selbst längere oder kürzere Spalten sich zu schaffen.

Das Känozoikum war tektonisch im wesentlichen eine Zeit der vertikalen Zertrümmerung der Insel und speziell des alten Rumpfes, die Faltungserscheinungen spielen eine minder bedeutende Rolle. Welche Beträge die vertikale Dislokation annehmen konnte, zeigt unter anderm das Beispiel des Alaslandes: hier haben wir (in einer Meereshöhe von 200 bis 300 *m*) keine Tertiärsedimente, während in der nächsten Nachbarschaft sich neogene Kalke in etwa 1700 bis 1800 *m* Meereshöhe finden. Die Sprunghöhe der Dislokation ist also über $1^1/_2$ *km*."

Der Ausbruch des Matavanu auf Savaii. Prof. Sapper hat gemäß den Aufzeichnungen mehrerer Beobachter, die an Ort und Stelle weilten, eine genauere Darstellung des Vorganges liefern können[1]), die in folgender Zusammenfassung gipfelt:

„Der Ausbruch erfolgte an der Stelle einer ehemals waldbedeckten Talsenkung, in der die Samoaner früher verwilderte Schweine gejagt hatten, und die sie Matavanu nennen. Die Entfernung des Ausbruchsortes von der Küste beträgt etwa 12 *km*; die Höhe gibt Dr. Funk zu 600 (Dr. Linke zu 620) *m* an. Anfänglich war die Ausbruchstätigkeit explosiver Art, und es wurde durch die lockern Auswürflinge ein Hügel aufgeschüttet. Bald trat auch Lavaausfluß dazu (vom 9. August 1905 an), am 6. Dezember 1905 erreichte die Lava erstmals die Küste, andere Lavaströme folgten, Ende Dezember 1905 und von Ende Januar bis Mitte August 1906. Ob Ende August die Lava noch weiter floß, ist aus den Berichten nicht mit Sicherheit zu entnehmen; Anfang und Mitte September sind aber neue Lavaströme bis zur Küste herab vorgedrungen; es hat ein mehrfaches Auffrischen und Wiederabflauen der Lavaförderung stattgehabt.

Am 1. April 1906 wurde festgestellt, daß sich im Innern des Kraters ein Lavasee gebildet hatte, der teils über die Ränder hinweg, teils durch unterirdische Hohlräume abfloß. Dieser Lavasee hatte während des letzten Besuches (9. September 1906) eine energische Geiserbildung gezeigt. Mit dem Anwachsen der Lavaförderung war die explosive Tätigkeit allmählich zurückgegangen und spielte im Jahre 1906 keine bedeutendere Rolle mehr.

Eine von einem Herrn in Savaii angefertigte, von F. S. Archenhold veröfffentlichte Skizze zeigt die Ausdehnung der Lava Ende August 1905, Mitte Dezember 1905 und Anfang Februar 1906. Nach einer von W. v. Bülow[2]) veröffentlichten Karte von Savaii war dann die Lava bis Mitte März bereits bis über Saleaula vorgerückt, und eine Skizze von Dr. Funk von Anfang September 1906 zeigt eine noch etwas weitere Ausdehnung der Lava zu beiden Seiten der Küste. Ob es möglich gewesen wäre, die seitliche Ausbreitung der Lavamassen zu hemmen durch Errichten von Steinwällen, wie Jensen meint (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906), oder durch ausgedehnte Riffsprengungen, wie Dr. Grevel denkt (Samoanische Zeitung vom 30. Juni), vermag Verf. bei seiner ungenügenden Kenntnis der Terrainbeschaffenheit und der strömenden Lavamassen nicht zu entscheiden. Es scheint ihm aber, als ob die Lavamassen zu bedeutend gewesen wären, als daß sie durch die genannten Mittel dauernd von ihrem Laufe hätten abgelenkt werden können.

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1906. Heft 10. p. 686.

[2]) Globus **90**. p. 23.

Obgleich die Lava mit Vorliebe sich auf dem Riffe längs der Küste hinbewegte, sind doch auch große Mengen ins Meer geflossen und haben daselbst da und dort kleine Vorsprünge (tolotolo) gebildet, die der Küste ein verändertes Aussehen gewähren. Die Neigung des Lavastromes, sich auf dem Riffe weiter zu bewegen, anstatt sich über dieses ins Meer zu stürzen, erklärt Dr. Reinecke — zweifellos richtig — damit, daß die Berührung mit der aufschäumenden Riffbrandung dem weitern Vordrängen der Lava in Gestalt einer sofort erstarrenden Wand eine natürliche Grenze setze, wodurch der Strom gewissermaßen ein Bett zwischen dieser Riffwand und dem ansteigenden Küstenlande in Niveauhöhe erhalte.

Die Lava ist, wie aus den Berichten über ihr Vorrücken und aus einigen der eingeschickten Gesteinsproben hervorgeht, dünnflüssig; sie bewegte sich deshalb auch auf geneigtem Gelände sehr rasch. Freilich ist gerade diese Bewegungsgeschwindigkeit nur an der Küste einmal genau gemessen worden (Februar 1906: 7 *m*, bzw. 5 *m* in der Stunde); sonst aber liegen nur Schätzungen vor, die naturgemäß sehr unsicher sein müssen. Bemerkenswert groß war die Geschwindigkeit der Lava nahe ihrem Austrittsorte auf stark geneigtem Gelände, wenn auch die Schätzung Dr. Linkes vom 9. September 1905 (einige Meter in der Sekunde) etwas hoch gegriffen sein mag.

Eine Folge der Dünnflüssigkeit ist die Entstehung von Lavahöhlen und Gängen, wie solche von W. v. Bülow, Dr. Grevel und andern beschrieben worden sind. Das häufige Vorkommen von Lavahöhlen in den ältern Lavafeldern Savaiis zeigt, daß auch früher die Lava oft dünnflüssig gewesen sein muß.

Daß die Lava von 1906 sehr reich an Gasgehalt ist, zeigen nicht nur manche der eingeschickten Gesteinsproben, sondern auch direkte Beobachtungen, die in der Samoanischen Zeitung vom 10. Februar 1906 mitgeteilt sind. Es heißt nämlich daselbst: „Am Samstag Vormittag erfolgte eine Explosion mitten im Lavastrome auf dem Riffe, vermutlich weil in Höhlen der Lava Dämpfe sich angehäuft hatten, deren Entweichen bei zu stark werdender Pressung die Explosion verursachte. Begleitet wird diese Erscheinung von einem furchtbaren Lärme des entweichenden Dampfes, einem durchdringenden Schwefelgeruche und dem Emporschleudern von zahllosen Lavastücken in die Luft. Solche Explosionen erfolgen von Zeit zu Zeit je nach Intensität der Tätigkeit der Lava. Zeitweilig strömen auch Dampfmassen aus den Spalten in der Lava aus, was regelmäßig durch stark zischendes Geräusch längs des ganzen Lavastromes angekündigt wird. Die Färbung der aufsteigenden Dämpfe wechselt von einem fast schwarzen Qualme durch zahllose Abstufungen von Gelb bis zum reinsten Weiß.“

Indem die Lavamassen in das Meer fließen, wird das Wasser naturgemäß energisch erhitzt. Die Samoanische Zeitung vom 10. Februar 1906 berichtet: „Bis auf eine ziemlich weite Entfernung vom Lavastrome ist das Wasser kochend heiß, und hart an der Lava wallt es vor Hitze sogar auf. Die Lava selbst ergießt sich aus Rissen in den Strom in flüssiger Form etwa wie flüssiger Leim in hellroter Färbung; wenn sie das Wasser berührt, steigen Dampfwolken auf.“

Amtmann Williams berichtet sogar (Samoanische Zeitung vom 6. Januar 1906), daß alle Aale und sonstigen kleinen Fische in der Nähe der Lava gekocht wären und von den Eingeborenen speisefertig gefangen würden.

Die Wechselwirkungen zwischen Lava und Meerwasser laufen aber nicht immer so ruhig ab; zeitweise kommt es auch zu energischen Wasserdampfexplosionen und zu geiserartigen Erscheinungen. Über letztere berichtet H. J. Jensen in der Samoanischen Zeitung vom 18. August 1906: „Da wo die Lava in die See fließt, hat sich eine Art Geiser gebildet. Etwa alle Minuten kommt ein Schauer Steine, und eine außerordentlich große Dampfwolke wird in die Luft gewirbelt. Mancher hat deshalb gedacht, daß es ein anderer Krater wäre. Dem ist aber nicht so: die geschmolzene Lava fällt über ein Riff in tiefes Wasser. Natürlich bildet sich Dampf unter und über dem siedenden Lavafalle, und wenn

sein Druck groß genug wird, bricht er durch und wirbelt eine Masse Steine in die Luft.“ Es ist sehr zu bedauern, daß diese interessanten Vorgänge nicht genauer beschrieben und untersucht worden sind.

Über die Masse der geförderten Lava wird sich nie eine sichere Angabe machen lassen, da die frühere Topographie des überdeckten Gebietes nicht hinreichend bekannt ist. Deshalb stehen auch Schätzungen wie die von Mr. Jensen (mehr als eine — englische — Kubikmeile) in der Luft. Auch über die Dicke des Lavastromes an der Küste sind noch wenige genauere Angaben bekannt; am 6. Januar wurde ihre Dicke zu 4.50 *m* angegeben, und später erwähnt W. v. Bülow kurz, daß sie bis 12 *m* erreiche.

Die Lava ist teils als unmittelbarer Ausfluß des im Krater entstandenen Lavasees zu Tale gegangen, teils ist sie aus besondern Öffnungen in der Nähe des Kraters hervorgekommen. Die Samoanische Zeitung vom 10. Februar 1906 berichtet: „Nur hin und wieder konnte (von Osten aus) beobachtet werden, wie die Lava über den Kraterrand herabfloß; dieselbe findet vielmehr ihren Ausweg durch zwei an der Basis des Kegels gelegene Stellen, davon eine sich östlich, die andere sich nördlich befindet.“

Sehr viel wichtiger wäre es, wie Prof. Sapper betont, zu wissen, ob die Ausbrüche in absehbarer Zeit aufhören dürften, oder ob diese unheilvollen Vorgänge sich weiter fortsetzen werden. Jedoch gerade diese bedeutungsvolle Frage könne man nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens absolut nicht beantworten; denn es gebe auf der Erde kaum etwas, über dessen tiefere Ursachen wir so wenig Zuverlässiges wissen, wie vulkanische Ereignisse. Darum trügen auch alle Prognosen den Stempel völliger Unzuverlässigkeit an sich. Wohl könne man durch die Ereignisse zu einem gewissen Urteile über den weitern Verlauf der vulkanischen Tätigkeit sich hingedrängt fühlen, — aber man müsse sich doch stets darüber klar sein, daß es ebenso gut anders kommen könne, als man für wahrscheinlich hält.

Wenn Dr. Linke, dessen Mitteilungen und Untersuchungen zweifellos sehr dankenswert und wertvoll gewesen sind, mit seinen Ansichten über die zu erwartenden vulkanischen Ereignisse anfänglich zuviel Optimismus verraten habe, so sei es ihm ebenso ergangen, wie es jedem ergehen kann, der versucht, vulkanische Ereignisse vorherzusagen. Dasselbe geschah später (1906) den Herren Dr. Grevel und H. J. Jensen, als sie glaubten, daß die vulkanische Tätigkeit einem langsamen Ersterben entgegengehe, während doch nicht lange danach wieder ein unerwartetes Auffrischen derselben eingetreten sei. Jensen glaubte sogar sagen zu dürfen (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906), daß vielleicht in 35 oder 111 Jahren wieder ein Ausbruch stattfinden dürfte. Demgegenüber möchte aber Prof. Sapper wiederum darauf aufmerksam machen, daß bisher keinerlei Abhängigkeit der vulkanischen Erscheinungen von irgend welchen andern Naturereignissen sicher nachgewiesen ist, und daß deshalb auch keinerlei Prophezeiungen begründete Ansprüche auf Glaubwürdigkeit haben können. Jensen selbst habe zwar früher auf Grund eines ganz ungenügenden statistischen Materials nachzuweisen versucht, daß vulkanische Ereignisse mit Zeiten von Sonnenfleckenminima zusammenfallen, habe aber bald darauf zugeben müssen, daß vulkanische und seismische Geschehnisse auch vielfach auf Zeiten von Sonnenfleckenmaxima fallen, und er hätte hinzufügen dürfen, daß sie nicht selten auch auf die Zwischenzeiten zwischen den Maxima und Minima der Sonnenflecken fallen.

Während Mr. Jensen an ein Zusammenfallen der vulkanischen Ereignisse mit Sonnenfleckenmaxima und -minima glaubt, nimmt Dr. Linke (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906) an, daß ein Zusammenhang zwischen vulkanischen Ereignissen und magnetischen Störungen bestehe, und sah, sich durch Überlegungen allgemeiner Art über Abhängigkeit vulkanischer und magnetischer Erscheinungen von der Sonnenfleckenfrequenz zu Voraussagungen gedrängt. Nun ist ja, bemerkt Prof. Sapper, richtig, daß magnetische Störungen und vulkanische Ereignisse nicht selten zusammenfallen, so beim Ausbruche des

Mont Pelé am 8. Mai 1902 und beim Beginne des Matavanuausbruches am Anfange des August 1906; sehr häufig fielen aber vulkanische Erscheinungen und magnetische Störungen auch nicht miteinander zusammen, so daß es also nach dem jetzigen Stande unseres Wissens nicht angehe, auf Grund theoretischer Erwägungen über den Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und magnetischen Störungen auf kommende vulkanische Ereignisse zu schließen.

Dr. Reinecke ist der Ansicht, daß die „vorherrschenden oder jeweilig maßgebenden Luftströmungen nicht nur indirekt, sondern auch ganz unmittelbar die vulkanische Tätigkeit beeinflußten"; jedoch scheint Prof. Sapper zwar der indirekte Einfluß unbestreitbar und nachgewiesen, der direkte aber höchst zweifelhaft, so daß damit wohl nicht zu rechnen sein werde.

Auch Erdbeben sind, wie Sapper betont, keine sichern Indikatoren kommender vulkanischer Ereignisse; denn wenn auch in der Tat, wie P. Mennels und Dr. Linkes Beobachtungen zeigen, der Ausbruch von 1905 sich durch eine größere Zahl und Energie der Erdbeben ankündigte, so seien doch andernfalls den von Dr. Linke zu Anfang Januar (besonders am 3. Januar 4^h 46^m vormittags) beobachteten heftigern Beben keine nennenswerten Änderungen der vulkanischen Tätigkeit gefolgt. Bemerkenswert ist, wie Prof. Sapper bemerkt, die Mitteilung Dr. Funks, daß seit seiner Ankunft auf Samoa (1880) daselbst kaum ein Monat ohne leichte Erderschütterungen vergangen sei; dieselben kamen fast alle aus der Richtung SSW., wie man bei Windstille aus dem fernen Rauschen im Walde hören konnte. Seit etwa zwei Jahren aber spüre man die Beben aus dieser Richtung nicht mehr.

Die wirtschaftlichen und sozialen Folgen des Ausbruches, schloß Sapper, sind sehr bedeutend gewesen. Die primären explosiven Erscheinungen und die sie begleitenden Auswürfe von Aschen und Bomben haben sich zwar in einem ziemlich entlegenen und wirtschaftlich wenig benutzten Gebiete abgespielt und haben daher keine große Tragweite erlangt. Aber die Lavamassen haben große Flächen fruchtbaren Landes für unabsehbare Zeit in ertraglose Wüsten verwandelt, haben viele Gebilde menschlicher Hand, Häuser, Brücken, Wege usw. zerstört und verhältnismäßig große Menschenmengen zur Auswanderung nach dem Ostteile der Insel (Faasalelaaga) gezwungen."

Die vulkanischen Bildungen Hawaiis sind von Prof. W. Pickering studiert worden.[1]) Dort gibt es, nach seiner Darlegung, eine beträchtliche Anzahl Krater des Einsturztypus, die sich von den Kratern des Explosionstypus, der im südlichen Europa so wohl entwickelt ist, unterscheiden. Bei diesem letzten Typus erscheint ein hoher, abgestumpfter Kegel, aufgebaut durch leichte Dampf- und Ascheneruptionen, die bisweilen mit Lavaergüssen abwechseln. Im Verlaufe langer Zeiträume kommen gelegentlich auch heftige Explosionen vor, durch welche bisweilen ein großer Teil des Gipfels fortgeblasen, und die Gestalt des Vulkans wesentlich verändert wird. Eine solche Dampfexplosion des Vesuvs war es, welche den Untergang von Pompeji verursachte, und eine ähnliche noch heftigere ereignete sich 1883 beim Krakatau.

Man kann die irdischen Vulkane je nach ihrem Baue in drei Klassen unterscheiden a) Tuffkegel, die aus verhärtetem vulkanischen Schlamme bestehen, b) Aschenkegel, aus Schlacke, Rapillen und vulkanischem Sande bestehend, und c) Lavavulkane, aus zusammenhängenden Lavamassen gebildet. Repräsentanten sämtlicher drei

---

[1]) Memoirs of the American Academie 1906. **18**. — Gaea 1907. p. 143 ff.

Klassen finden sich auf Hawaii. Einige Vulkane, wie z. B. der Vesuv, liefern sowohl Aschenausbrüche als Lavaergüsse. Die dritte Klasse kann wiederum in vier Unterabteilungen geteilt werden: Kraterkegel, Kratergruben, Kraterringe und Kraterbecken. Die Lavakegel, obgleich bisweilen von geringer Größe, liefern bei ihren Ausbrüchen häufig beträchtliche Lavamengen, die in Gestalt breiter Ströme sich meilenweit erstrecken können. Die Lavagruben treten auf den Hawaiinseln am zahlreichsten auf, zeigen nach außen keine Wälle und bestehen einfach aus einer in den Boden eingetieften Höhle, die bisweilen vertikale Wände zeigt, die zu einem flachen Grunde führen, in andern Fällen aber nach unten konisch zuläuft. Kraterringe kommen am seltensten vor (und ähneln den größern Mondkratern), sie haben einen flachen Boden und außen wie innen abgeschrägte Wälle. Die Kraterbecken unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß ihr Inneres nicht flach, sondern konkav ausgehöhlt ist. Außer den Kratern kommen noch zahlreiche andere vulkanische Bildungen vor, wie Lavahöhlen, Spalten, Lavablasen, d. h. Höhlungen, die von einer festen Masse umhüllt werden.

Beim Einlaufen in den Hafen von Honolulu erblickt man sofort zwei sehr augenfällige vulkanische Formationen, die eine unter dem Namen Diamondkopf, die andere als Punschbowle bekannt, erstere äußerlich einem Mondkrater ähnlich. Der höchste Punkt ihres Walles erhebt sich 761 Fuß über den Seespiegel, während der Durchmesser des Kraterwalles 3200 bis 3700 Fuß mißt. Im Innern der Kraterfläche, etwas seitlich vom Zentrum derselben findet sich ein kleiner See, der bisweilen trocken ist, und der ringsum von dichtem, dornigem Gesträuche umgeben wird. Innerhalb des Kraters fand sich eine Art fossiler Muscheln, die offenbar mit dem Eruptionsmaterial vom Boden des Meeres heraufgebracht worden sind, als der Krater noch tätig war. Am zahlreichsten finden sich unter den Kratern Hawaiis die Aschenkegel. Sie besitzen alle charakteristischen Eigentümlichkeiten der Explosionsvulkane wie der Vesuv, obgleich ihre Krater im Verhältnisse zur Höhe größer sind als bei diesem. Soviel Professor Pickering weiß, finden sie kein Analogon auf dem Monde. Dagegen sind die Lavavulkane in mancher Hinsicht den Mondkratern sehr ähnlich. Die Unterabteilung der Lavakegel wird treffend durch den Mauna Loa repräsentiert, den bei weitem größten Vulkane der Erde. Er und Mauna Kea sind auch unsere höchsten Vulkanberge, wenn man die Höhe von der Basis aus mißt, denn diese liegt bei den Hawaiivulkanen 15 000 Fuß unter dem Spiegel des Meeres. In geschichtlicher Zeit ist aus dem Gipfelkrater des Mauna Loa niemals Lava abgeflossen, wohl aber unterhalb desselben in ungeheuern Mengen, besonders auf der nordöstlichen Seite. Die Hauptmasse des ganzen Berges scheint durch solche Lavaergüsse aufgebaut zu sein, genau so wie beim Ätna auf der Insel Sizilien. Charakteristisch für diese Berge ist, daß ihre Abhänge weit sanfter geböscht sind

als diejenigen der Aschenkegel, und dies gilt besonders für den Mauna Loa.

Von den drei großen Repräsentanten des Einsturztypus unter den Kratern Hawaiis sind Mokuaweoweo der Krater auf dem Gipfel des Mauna Loa und der Kilauea ohne Kegel, während Haleakala stellenweise einen gut definierten Abhang nach außen zeigt. Nähert man sich dem großen Krater Mokuaweoweo, so kündigt nichts denselben an, bevor man an seinem Rande steht. Er hat 3.7 zu 1.7 engl. Meilen im Durchmesser und 300 bis 400 Fuß Tiefe und besteht aus drei zusammengeflossenen Kratern, von denen der mittlere der größte ist. Die innere Kraterfläche ähnelt sehr einem Mare auf dem Monde. Der Kilauea ist leichter erreichbar als der Mokuaweoweo und besteht aus einer schwarzen Lavaebene von 2 bis 3 Meilen Durchmesser, allerseits von steilen, oft vertikalen Abhängen umfaßt, die 200 bis 500 Fuß Höhe haben, und ihre Oberfläche ist, wie Professor Pickering besonders bemerkt, vermutlich konvex. Halemaumau (d. h. Haus des ewigen Feuers) stellte sich beim Besuche Professor Pickerings dar als fast kreisrundes, 2000 Fuß im Durchmesser haltendes Loch mit vertikalen Abhängen und vielleicht 500 Fuß tief. Das Innere zeigte sich als eine verhältnismäßig glatte Lavafläche, hier und da von schmalen Brüchen durchzogen, die nachts hellrot leuchteten. Daß sie wenige Zoll unter der Oberfläche glühendflüssig ist, lehrte ein zufälliger, kleiner Ausbruch, bei dem ein Lavastrom von 5 bis 10 Fuß Breite etwa 20 bis 80 Fuß über die Fläche floß, wenige Minuten glühte und dann erkaltete. Der Krater wird stufenweise von einem unterirdischen Zuflusse gefüllt, die Tiefe der Gruben wurde 1902 noch auf 1000 Fuß geschätzt, und die untern Teile des Abhanges, die jetzt schon gefüllt sind, hatten eine konische Form.

Halemaumau bildet das Zentrum der vulkanischen Tätigkeit des Kilauea. Es ist keine Eruption des letztern bekannt, bei der die Wälle desselben überflutet worden wären, obgleich die Lava bisweilen aus Rissen oben an der Seite ausbrach. Wenn der Halemaumau sich leert, so geschieht dies stets auf unterirdischem Wege, wobei bisweilen die Oberfläche erreicht wird, aber gewöhnlich füllt sich ein unterirdischer Raum, oder die Ausladung erfolgt unter dem Spiegel des Meeres. Wenn der Halemaumau tätig ist, so bietet er einen über alle Beschreibung großartigen Anblick dar, besonders nachts. Innerhalb und außerhalb desselben erscheinen Seen von glühendflüssiger Lava, über denen zahlreiche Feuerfontänen 10 bis 50 Fuß hoch emporspringen. Zuzeiten wird die Oberfläche dieses Feuersees fest, allein plötzlich läuft ein Riß über dieselbe, und in wenigen Minuten ist die feste Decke zertrümmert, und die Stücke verschwinden bald unter der glühendflüssigen Fläche. Diese verfestigt sich wieder, aber in wenigen Stunden wiederholt sich der geschilderte Vorgang von neuem.

Prof. Pickering gibt eine Zusammenstellung der innerhalb der letzten 40 Jahre (seit das Hotel auf dem Kilauea besteht) beobachteten Bildungen dieser Art. Wenn die Lava sich so hoch hebt, daß sie überfließt, so bildet sie bei der Erkaltung einen großen, kreisrunden Wall wie ein ungeheurer Kuchen, und eine solche Bildung ist auch auf dem Monde bekannt, aber in ungeheuer viel größerem Maßstabe.

Neuer Vulkan in den chilenischen Kordilleren. Dr. Steffen berichtet über die Eruption eines neuen Vulkans.[1]) „Als Sitz dieser Eruption wurde anfangs der Vulkan Puyehue bezeichnet, der in 40° 35′ südl. Br. auf einem westlichen Kordillerensporn gelegen ist und als erloschen gilt. Genauere Untersuchungen haben aber ergeben, daß der Puyehue sich nach wie vor in vollkommener Ruhe befindet, daß dagegen etwas weiter nördlich, in den Kordilleren östlich vom Rancosee (in ungefähr 40° 20′ südl. Br.), ein neuer Vulkan im Entstehen begriffen ist, den man jetzt in den Berichten gewöhnlich mit dem der benachbarten Örtlichkeit anhaftenden Namen Riñinahue bezeichnet. Da es sich um einen wenig bekannten Kordillerenwinkel handelt, der auch von den Grenzkommissionen seinerzeit kaum berührt worden ist, so läßt sich die Lage des neuen Kraters vorderhand schwer präzisieren.

Es liegen bisher zwei in Valdivianer Zeitungen veröffentlichte Berichte von Augenzeugen der Ausbrüche vor. Der eine stammt von einem Indianer Hueñupan aus Huequecura am Rancosee. Nach demselben begann die Erscheinung am 4. April abends mit Erderschütterungen und unterirdischem Getöse, das in der folgenden Nacht und am nächsten Morgen an Stärke zunahm, bis schließlich die Erde barst, und eine gewaltige Rauchsäule, Steine und Asche in die Höhe reißend, aufstieg. Die Ausbruchsstelle befindet sich nach diesem Berichte inmitten eines „potrero“ (Viehweide) und in weniger als 1 *km* Entfernung von einem der kleinen Anwesen der Indianer, die in verhältnismäßig bedeutender Zahl in den Tälern und an den Berghalden dieser Gegend zerstreut wohnen.

Die zweite Nachricht erhalten wir durch den Kapuzinerpater Burkard von der Mission in Valdivia, als Ergebnis seiner Reise in das von dem Ausbruche betroffene Gebiet am Rancosee. Der neue Krater liegt nach ihm etwa 22 *km* östlich vom letztgenannten See zwischen den Flüssen Pucura und Quinaco, in einer von Hügeln umrahmten Niederung südöstlich der kleinen Lagune Pucura. Der Pater und seine Begleiter konnten ihn von einer der benachbarten Anhöhen aus etwa 3 *km* Entfernung beobachten, doch wurde die Krateröffnung selbst durch die aus ihr aufsteigenden Dämpfe verhüllt. In der Nähe der Ausbruchsstelle ist der Urwald im Umkreise von mehr als 10 *km* Durchmesser zum größten Teile niedergebrannt,

[1]) Petermanns Mitt. 1907. Heft 7. p. 160.

und seine Reste liegen unter einer dichten Decke der in den ersten Tagen gefallenen Asche begraben; das Wasser der Lagune Pucura soll durch die Beimengung der Asche dickflüssig geworden sein, und die obengenannten Flüsse beginnen erst jetzt wieder schwach zu fließen. Die schlimmsten Folgen hat der Ausbruch für das in der Nachbarschaft weidende Vieh der Indianer gehabt, das sich unter der 6 Zoll dicken Aschenschicht kein Futter hervorscharren kann und nur mit Mühe das nötige Trinkwasser findet. Während der drei Tage, welche der Pater in der Nähe des Kraters verweilte, erfolgte an dieser Stelle keine neue größere Eruption.

Über das vulkanische Problem macht Prof. W. Pickering einige beachtenswerte Bemerkungen.[1]) Er betont die von Ch. Darwin hervorgehobene Tatsache, daß tätige Vulkane nur in aufsteigenden Küstengebieten vorkommen, und findet dies ganz natürlich, da eine und dieselbe Ursache beide Wirkungen hervorrufe. Ein aufsteigendes Land muß augenscheinlich sein Volumen vergrößern, und diese Vergrößerung kann mit oder auch ohne Massenzunahme stattfinden. In letzterm Falle ist die Volumenvergrößerung durch eine Zunahme der Temperatur bedingt. Ein Teil der Erdkruste von 50 engl. Meilen Dicke, dessen Temperatur um 200° F. steigt, muß sich um 1000 bis 1500 Fuß ausdehnen.[2]) Das Plateau von Bolivia hat eine mittlere Höhe von $2^1/_2$ engl. Meilen, das Himalajamassiv ist noch um eine Meile höher. Es ist unwahrscheinlich, daß solche Erhebungen auf die angegebene Ursache zurückgeführt werden können, so bleibt nur die Annahme, daß hier ein wirklicher Massenzuwachs vorliegt. Massenzunahme würde aber, wie Gilbert gezeigt hat[3]), durch wachsenden Druck auf die heiße unterirdische Region die äußere Höhenzunahme kompensieren, ein Gebirgszuwachs von zwei Meilen Höhe könnte nicht getragen werden. So bleibt nur übrig, an leichtes Material, Wasser oder Dampf, zu denken. Flüssige Lava ist voll von Wasser, und wenn sie erkaltet, wird dieses Wasser ausgetrieben. Die Lava auf Hawaii enthält unzählige Blasen, welche die Gegenwart von Dampf anzeigen, der während mehrerer Tage eingeschlossen blieb, selbst nachdem die Lava den Krater des 50 Meilen entfernten Mauna Loa verlassen hatte. Wenn Vulkane intermittierend tätig sind, so muß der Ladungsprozeß noch gegenwärtig vor sich gehen, da sonst die vulkanische Tätigkeit längst erloschen sein würde. Da nun tätige Vulkane nur in der Nähe des Meeres angetroffen werden, so hat man vermutet, daß die Eruptionen derselben durch den zeitweisen Zutritt des Seewassers veranlaßt würden. Bei vulkanischen Ausbrüchen wird salziges Wasser gefördert, aber dessen mineralische Zusammensetzung ist nicht diejenige des Meerwassers, indem

---

1) Journal of Geology **15**. 1907. Nr. 1. — Gaea 1907. p. 393.
2) Judd Valcanoes p. 347.
3) Continental Problems of Geology, Smithsonian Report 1892. p. 165.

manche Salze des letztern fehlen oder andere vorkommen, die im Seewasser nicht angetroffen werden. Dies zusammen mit der Unwahrscheinlichkeit, daß Meerwasser in ein tiefes Niveau herabgezogen und dann auf ein hohes emporgepumpt werde, macht die Erklärung unwahrscheinlich. Eine andere Erklärung der stetigen Gegenwart von Wasser bei vulkanischen Ausbrüchen greift auf die meteorischen Wasser zurück, die in den Boden eindringen, aber damit wird die Meeresnähe der Vulkane nicht erklärt. Keine dieser Hypothesen erklärt zudem die stufenweise Hebung des Landes in vulkanischen Gegenden. Da also dieses Wasser weder von den Meeren, noch aus der Atmosphäre kommt, so bleibt nach Prof. Pickering nichts anderes übrig als anzunehmen, daß es aus den dichten Schichten stammt, die den Meeresboden bilden, aber nicht aus dem leichten Materiale, das die Kontinente zusammensetzt. Letzteres wurde aber bisweilen zerspaltet und gestattete dann Entladungen von unten her, und hierauf sind die heute erloschenen Vulkane Mitteleuropas und diejenigen in der Nähe des Yellowstone-Parkes und in Arizona zurückzuführen. Die heute noch tätigen Vulkane Nord- und Südamerikas scheinen ihren Ursprung von dem zu nehmen was wahrscheinlich früher den Rand des kontinentalen Plateaus bildete.

Die nächste Frage, welche sich erhebt, ist die nach der Tiefe, aus der die Lava stammt. Alle Umstände in Betracht gezogen, muß diese Tiefe beträchtlich sein und mag 20 bis 30 engl. Meilen betragen. Daubrée hat gezeigt, daß Wasser in einen Raum, der mit Dampf von 160° gefüllt war, durch einen dichten, feinkörnigen Sandstein und gegen den nach auswärts gerichteten Dampfdruck mit Leichtigkeit eindrang, und ferner, daß dieses Eindringen durch die Wärme erleichtert wurde. Es steht also der Annahme einer Transmission von Wasser durch heiße Gesteinsmassen bis in beträchtliche Tiefen, nichts im Wege. Dagegen wird seine Anwesenheit dazu beitragen, den Schmelzpunkt der Gesteinsmassen zu erniedrigen und ihre Viskosität zu vergrößern. Eine gewisse Menge von Wasser mag auf diese Weise selbst durch den Boden des Ozeans dringen, doch kann dies nur verhältnismäßig wenig sein, da dieser Boden aus kalten Gesteinsmassen besteht, die mehrere Meilen dick sind, und das Wasser einem konstant wachsenden Drucke entgegen dringen muß.

In der Hypothese Pickerings über den Ursprung der Kontinente wurde angenommen, daß diese aus Teilen der Erdkruste bestehen, die entweder von Ursprung aus fest oder wenigstens hinreichend abgekühlt waren. Diese Massen hatten demnach einen großen Teil des Wassers, welches sie ursprünglich umschlossen, bereits abgegeben. Zur Zeit der großen Katastrophe waren die ozeanischen Betten flüssig und hätten alles vorhandene Wasser in sich absorbiert, wenn sie sogar nicht völlig damit gesättigt waren. Da ihre Massen aus größerer Tiefe stammten, hatten sie eine beträchtlich höhere Temperatur und umschlossen damals mehr Wasser als die Kontinente.

Zweifellos haben die heißen Unterlagen der letztern gewisse Wassermengen von den ozeanischen Betten her absorbiert, als die letztern erkalteten; die Expansion und die Verminderung des spezifischen Gewichtes arbeiteten dann darauf hin, das Festland in der Nähe des Ozeans zu heben. Dies fand besonders in der Umgebung des Großen Ozeans statt, dessen Umrandung noch heute im Zustande der Hebung ist. Hieraus wird verständlich, daß die Grenzen der Festländer mehr zur Zerspaltung hinneigen und deshalb vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben mehr unterworfen sind als andere Gegenden der Erdoberfläche.

Aus ihrer Starrheit folgt, daß die Erde als Ganzes fest ist. Eine kontinuierlich flüssige Schicht zwischen ihrem Zentrum und der Oberfläche kann es heute nicht geben, aber unter jedem aktiven Vulkane muß eine Region existieren, aus der die Lava stammt. In irgend einer Weise, ohne Zweifel infolge der Kontraktion der Erde, wird diese Lava veranlaßt, sich der Oberfläche zu nähern, und auf diesem Wege verändert sie sich aus einem zähfesten in einen zähflüssigen Zustand. Nur auf zwei Weisen ist diese Veränderung möglich: durch Zunahme der Temperatur oder durch Abnahme des Druckes, letzteres ist wahrscheinlich die wirkende Ursache. In tangentialer Richtung befinden sich die tiefen Schichten der Erdkruste im Zustande der Kompression, die obern in einem solchen der Spannung, in radialer Richtung im Zustande der Kompression. Zwischen den obern und untern Regionen muß sich eine neutrale Schicht befinden ohne tangentiale Spannung. Erreicht ein durch tangentiale Spannung hervorgerufener Bruch die neutrale Oberfläche, dann brechen die viskosen Gesteinsmassen durch sie hindurch und werden in dem Maße, als sie sich der Oberfläche nähern, und der Druck sich vermindert, mehr und mehr flüssig. Schließlich erreicht die flüssige Lava die Oberfläche und strömt nun so lange aus, bis der Druck an ihrer Quelle gleich geworden ist dem hydrostatischen Drucke an der Basis des Risses, durch den die Masse ursprünglich empordrang. Je größer diese Öffnung, und je kleiner ihr Abstand von der Oberfläche ist, um so rascher wird die Gleichheit des Druckes sich wieder herstellen, und um so kürzer die Dauer der Eruption sein. Die Expansion der Dampfblasen in der Nähe des Risses vermindert den hydrostatischen Druck, und deren Entweichen verursacht augenscheinlich die gewöhnlich wahrgenommenen Explosionen. Die heftigen Erscheinungen entstehen also sämtlich nahe der Oberfläche wie bei den Geisern. Durch das Aufsteigen und Entweichen des tiefen Materials wird der ursprüngliche Riß zu einer Art Röhre von mehrern hundert Fuß Durchmesser verbreitert, und wenn die Lava aufgehört hat, auszufließen, so hält doch der Dampf eine wenn auch engere Passage nach oben mehr oder weniger offen. Diese bleibt daher als Linie schwächern Widerstandes bestehen, und sobald der Strom der Dämpfe und glühendplastischen Massen von unten wie-

der genügende Kraft besitzt, um den Widerstand an der Fläche verminderten Druckes zu überwinden, wiederholt sich die Eruption von neuem.

Die Vulkane liegen häufig in großen Bogen angeordnet, die, wenn sie vollständig geschlossen wären, den Maren des Mondes ähnlich sein würden. Eine der vollständigsten Bogenreihen hat die Chinaseee zum Mittelpunkte, während die Vulkane auf den Philippinen, Celebes, Java, Sumatra, der malayischen Halbinsel und des südlichen China bis westlich von Kanton gefunden werden. Der Durchmesser dieses Kreises beträgt 2000 engl. Meilen. Die japanische See und das Behringsmeer sind in ähnlicher Weise von unvollständigen Bogen umgeben, und die Gestalt des letztern ist entschieden elliptisch.

Das Meer.

Neue Untersuchungen über das Relief des Meeresbodens. In dem Maße, als die Tiefseelotungen zahlreicher wurden, sind mehr und mehr gewaltige Abschrägen des Seebodens und nicht minder Berge, die sich auf demselben erheben, aufgefunden worden. So der Faradayberg im nördlichen atlantischen Ozeane, die Daciabank nördlich von den Canarien, ganz abgesehen von den Regionen der See, in denen vulkanische Inselreihen oder Korallenbauten über den Meeresspiegel treten. Die meisten Tiefseelotungen haben gezeigt, daß der Meeresboden reichlich ebenso Unebenheiten und steile Böschungen zeigt wie das Festland. Zunächst sind es die Tiefseelotungen im tropischen Teile des westlichen Stillen Ozeans, welche auf Veranlassung und für Rechnung der Deutsch-Niederländischen Telegraphengesellschaft zu Köln im Jahre 1903 als Vorbereitungen zur Legung der Unterseekabel Menado—Yap—Guam und Yap—Shanghai durch die Dampfer „Edi“ und „Stephan“ ausgeführt worden sind. Sofort nachdem die geschäftlichen Interessen der Gesellschaft die Geheimhaltung der Lotungsergebnisse nicht unbedingt mehr erheischten, hat sie die Originalbeobachtungen der Deutschen Seewarte zur wissenschaftlichen Verwertung übergeben, und jetzt liegt eine Bearbeitung derselben durch Prof. Dr. Schott und Dr. P. Perlewitz vor, die von ungewöhnlichem wissenschaftlichen Interesse ist.[1]) Die Fahrten des der niederländischen Kriegsmarine gehörigen Vermessungsfahrzeuges „Edi“ begannen im März 1903, gingen von Shanghai aus nach Yap und wieder zurück nach Shanghai, dann nochmals nach Yap von da nach Guam, von Guam zurück nach Yap, von Yap nach Palau und Menado, wo sie Mitte Juni 1903 beendet wurden. Die Fahrten des deutschen Kabeldampfers „Stephan“ fallen in die Zeit des Februar bis Juni 1905 und beziehen sich auf die Strecke von Menado bis Yap, sowie auf die Gegend südlich der Liu Kiu-Inseln.

[1]) Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1906. **29**. Nr. 2.

Im ganzen haben beide Schiffe 675 Lotungen ausgeführt, wovon 137 zwischen 3000 und 4000 Faden (3658 bis 5486 *m*) Tiefe, acht über 4000 Faden Tiefe ergaben. Die größte Tiefe fand „Edi" in 9° 21′ nördl. Br. und 138° 25.5′ östl. L. mit 7538 *m*, „Stephan" in 7° 41′ nördl. Br. und 135° 4.6′ östl. L. mit 8138 *m*, außerdem wurden von dem letztern Dampfer noch an zwei Stellen südlich der Liu Kiuinseln Tiefen von 7414 und 7461 *m* gelotet. Die verschiedenen Kreuzfahrten wurden, wie üblich, nicht auf genau denselben Wegen gemacht, sondern im Zickzack auf einem etwa 30 bis 50 Seemeilen breiten Bande, so daß dadurch zwischen den Endstationen der Kabel das Bodenrelief in einer Breite von etwa 50 bis stellenweise 100 *km* genau festgelegt wurde.

Was das Bodenrelief im allgemeinen anbelangt, so bemerken Schott und Perlewitz darüber: „Das Gelände auf der Strecke Menado-Guam ist so wechselvoll, wie es anderswo in dem Maße und der Ausdehnung auf dem Festlande oder in den Ozeanen kaum gefunden wird. Inseln, Gräben und Horste folgen stetig aufeinander, so daß sich steile Böschungen und tief eingeschnittene Täler neben den den Meeresspiegel zahlreich überragenden Inseln und Inselgruppen finden. Wohl ist an andern Orten, z. B. im Archipel der Sundainseln oder Antillen, das Bodenrelief an sich auch sehr reich gestaltet, aber die gesetzmäßige Anordnung findet sich dort nicht wie hier. Vier Inselgruppen liegen auf dem Bande nordöstlich von Menado: die Talauer Inseln, die Palauinseln, Yap und Guam mit den Marianen. Ganz entsprechend diesen Erhebungen über den Meeresspiegel finden sich in derselben Richtung, in der die Inselgruppen angeordnet sind, von Südwesten nach Nordosten, östlich und ihnen ganz nahe, vier tiefeingeschnittene Gräben, die nach den Inseln benannt werden sollen: als Talauergraben, Graben von Palau, Graben von Yap und Graben von Guam. Jenseits des Grabens erhebt sich regelmäßig ein mehr oder weniger ausgedehnter Horst, der weiterhin in das allgemeine, ziemlich ebene und tiefer als der Horst gelegene Tiefseebecken übergeht, um bald wieder zur nächsten Inselgruppe anzusteigen, auf die wiederum ein Graben, ein Horst usw. folgen.

Weit gleichmäßiger als auf dem ersten Bande sind die unterseeischen Bodenformen auf dem zweiten Bande, das von Shanghai nach Yap reicht und nur durch eine Inselgruppe, die der Liu Kiu, unterbrochen ist. Aber genau dem morphologischen Baue auf dem ersten Bande entsprechend, reiht sich auch hier an die Liu Kiugruppe nach dem offenen Ozeane hin, also nach Südosten, ein steil und tief abfallender Graben, der Liu Kiugraben, an.

Die Bezeichnung „Horst" ist bekanntlich von Sueß für Bodenbildungen auf dem Festlande eingeführt worden und bezeichnet ein Plattschollengebirge, das von Verwerfungen ringsum oder doch an zwei einander entgegengesetzten Seiten abgesetzt und abgetrennt wird. Indem Prof. Schott und Dr. Perlewitz diese Bezeichnung

in Anwendung für submarine Bildungen bringen, soll über deren Entstehungsweise nichts ausgesagt, sondern nur die überraschende Ähnlichkeit der äußern Formen mit festländischen Gebilden ausgedrückt werden, womit allerdings auch eine gewisse Wahrscheinlichkeit ähnlicher genetischer Vorgänge ersichtlich gemacht wird. Die Bezeichnung Graben bedarf keiner nähern Erörterung, mit „Grabenabfall“ bezeichnen Schott und Perlewitz diejenige Grabenböschung, die aus der Tiefe des Grabens gesehen, nach der Seite des Kontinents hin liegt, mit Grabenanstieg die dem freien Ozeane zugelegene Böschung. Die Genannten geben von vier Gräben, nämlich von dem Graben von Palau, Yap, Guam und Liu Kiu Spezialkarten in größerm Maßstabe und unter diesen auch die Bodenprofile, annähernd senkrecht zur Streichungsrichtung der Gräben, eingezeichnet, dabei sind diese Profile sowohl in natürlichen Größenverhältnissen als auch der bessern Anschaulichkeit wegen in fünffacher Vertiefung dargestellt.

Außer diesen ist noch der Talauergraben, östlich von den gleichnamigen Inseln, zu erwähnen.

Am charakteristischsten ist das Profil des Grabens von Yap, welches deshalb in Figur 1 reproduziert ist.

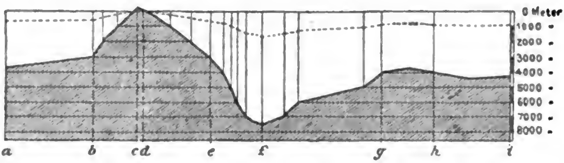


Fig. 1. Profil des Grabens von Yap, nach Schott und Perlewitz. Längenmaßstab 1:20000000, bei 5facher Übertiefe. - - - Profil im wahren Verhältnis.

Aus den speziellen Betrachtungen schließen Schott und Perlewitz, „daß man es in allen hier beschriebenen Fällen — morphologisch betrachtet — höchstwahrscheinlich mit Grabenversenkungen zu tun hat, die längs Verwerfungen stattgefunden haben. Es sind sozusagen Risse oder lange schmale Furchen im Antlitze der Erde; die durchschnittliche Breite der Grabensohle beträgt nur etwa 10 Seemeilen, bei dem Guamgraben bis zu 20 Seemeilen. Der Stille Ozean ist zwar in seiner Gesamtanlage sehr alt; er gilt nach der vorherrschenden Ansicht für viel älter als der Atlantische und Indische Ozean. Dies hindert nicht, daß die Detailform der pacifischen Gräben, geologisch gesprochen, höchstwahrscheinlich jugendlichen Alters ist. Die Steilheit der Böschungen in Verbindung mit dem, was man über das Alter der den Pacifischen Ozean umrandenden großen Faltengebirge weiß, führt zu der Annahme, daß diese Einsturzräume, zum mindesten der Liu Kiugraben nicht aus den ältesten geologischen Zeiten herstammen, daß sie vielmehr erst in jüngern

Erdepochen (Tertiärzeit) entstanden sein dürften. Der Inselbogen der Liu Kiu birgt einen paläozoischen Kern, dem sich nach dem Kontinente, also nach Nordwesten hin, eine vulkanische Zone, nach dem Pacifischen Ozeane hin, also nach Südosten, eine tertiäre Zone anschließt.

„Man hat es in den betrachteten Gebieten offenbar mit kontinentalen Bruchrändern zu tun, auch da, wo die Gräben, wie bei Palau, Yap, Guam, an kleine Inseln, die weit vom heutigen Festlande entfernt liegen, sich anlehnen. Daher erklärt sich auch die auffallende Erscheinung, daß die Gräben als solche hier im westlichen Teile des Stillen Ozeans immer an der Ost- oder Südostseite der Inseln auftreten, und daß die Steilabfälle bei sämtlichen Gräben an der Seite der Inseln sich befinden, die nicht nach dem Kontinente, sondern nach dem freien Ozeane zu gelegen ist. Hiermit hängt auch die unsymmetrische Form des Profils, die für alle Gräben charakteristisch ist, zusammen; man kann sie schematisch durch die beistehende Textfigur kennzeichnen (Fig. 2).

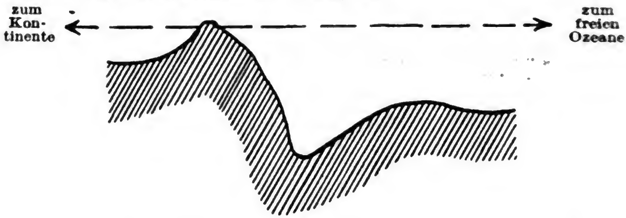


Fig. 2.

Die meisten Insel- und Gräbenzüge in dem westlichen Stillen Ozeane bilden wahrscheinlich ehemalige Kontinentalgrenzen Eurasiens, sie laufen noch den heutigen Festlandsgrenzen vorwiegend parallel. Es können innere und äußere Bruchränder unterschieden werden. Der innerste und zugleich jüngste der Bruchränder wird von dem Rande der heutigen Kontinentaltafel, dem sogenannten chinesischen Schelf, gebildet. Er verläuft westlich von den Liu-Kiuinseln und parallel zu ihnen und könnte als Chinesische Rinne bezeichnet werden. Es folgt, weiter nach außen verschoben, der Hauptbruchrand, zu dem der Steilabfall des Liu Kiugrabens gehört. Die Entdeckung dieses Grabens erscheint besonders wichtig, denn man wird nunmehr heute schon sagen dürfen, daß Alëutengraben, Japanischer Graben, Liu Kiugraben, Philippinen- und Talauer graben alles nur Teile der großartigen, den nordwestpacifischen Ozean begrenzenden Absenkungen oder Staffelbrüche sind.

Nicht direkt in Verbindung mit dieser gewaltigen Furche im Antlitze der Erde scheinen die Gräben von Yap und Palau zu stehen. Sie könnten lokale Grabenversenkungen ähnlich wie das Tote Meer oder das Rote Meer sein und brauchten dann keine Beziehung zum

asiatischen Kontinente zu haben. Dagegen spricht aber ihr unsymmetrischer Bau, der dem des Liu Kiugrabens vollkommen analog ist. Diese Inselgräben dürften daher auch an alte Kontinentalränder sich anschließen, also an frühere Grenzen eines asiatisch-australischen Kontinents. Das letztere gilt erst recht für den Gam-Marianengraben und seine höchstwahrscheinlich vorhandene Fortsetzung nach Norden. Dieser ausgedehnte, sich bis zum Japanischen Graben hin erstreckende Grabenzug könnte als Abzweigung des oben beschriebenen Hauptbruchrandes, ohne Rücksicht darauf, daß er schon eher als dieser erstanden sein dürfte, angesehen werden."

Die bei den Lotungen gewonnenen Bodenproben bedürfen noch einer fachmännischen mikroskopischen Untersuchung, doch konnte in einzelnen Fällen vorläufige Auskunft gegeben werden. In der Tiefe des Liu Kiugrabens fand sich „blauer Schlick", an seinen Abhängen roter Ton, während noch höher hinauf, nach dem Kontinente zu, der Boden mit Sand und kleinen Steinen bedeckt war. Auf dem 200 bis 300 *m* tiefen Liu Kiurücken selbst fanden sich vielfach Korallen. Die Förderung von „blauem Schlicke" aus den größten Tiefen des Liu Kiugrabens bei allen Lotungen des Dampfers „Stephan" ist, wie Schott und Perlewitz betonen, sehr auffällig, da der blaue Schlick im ganzen als ein terrigenes Sediment zu gelten hat; auf der Sohle der übrigen Gräben liegt vorwiegend roter Ton. Welche Beschaffenheit dieser „blaue Schlick" hat, ob er wirklich ein terrigenes oder doch vielleicht ein pelagisches Sediment ist, läßt sich vorläufig nicht entscheiden.

Die ganze Strecke von dem Liu Kiugraben nach Yap war mit rotem Tone bedeckt, seltener wurden Schlick, weißer Sand oder auch Bimssteinstücke gefördert. Auf dem Bande Menado-Guam fanden sich nördlich von Menado in der Küstengegend mehrfach Korallen und vulkanische Steine, nach dem Celebesbecken zu bei einigen Lotungen blauer Ton. Dieser bedeckt auch den Meeresboden südöstlich der Talauer Inseln, während weiterhin nach Südosten, zunächst nördlich von Morotai, blauer und roter Ton, zuweilen auch mit Bimsstein und Manganablagerungen untermischt, und noch weiter nach dem Talauergraben zu, schon in größerer Tiefe, Globigerinenschlamm lag. Im Talauergraben selbst aber wurde, wie in den andern Gräben und Tiefen, mit Ausnahme des Liu Kiugrabens, roter Ton gefördert. Nördlich der Andrewinseln fand sich in den mittlern Tiefen Globigerinenschlamm, wie auch bei Palau und Yap. Südlich dieser letzten Inseln wurden aus verschiedenen größern und kleinern Tiefen Korallen und Lava gehoben. Von Palau nach Yap zu ist der Boden mit Globigerinen bedeckt. Auf dem Horste von Yap wurden mehrmals Manganablagerungen oder -knollen gefunden und weiterhin wieder roter Ton, an der Westseite bei Guam vereinzelt Manganablagerung, Lava und Koralle.

Zusätzlich bemerken Prof. Schott und Dr. Perlewitz, daß schon 1901 M. Friederichsen in den Mitteil. der Geogr. Ges. zu Hamburg (XVII, S. 2 bis 4) den Carolinengraben, der mit dem Guamgraben identisch ist, als jugendlichen Einbruch angesehen und gesagt hat: „Da nach den bisherigen Erfahrungen unterseeische Gräben, wie der Atacama- und Aleutengraben, vornehmlich an den Rändern von Festländern vorkommen, so liegt es nahe, hier (bei den Carolinen), wo wir solchen Abstürzen fern vom heutigen Kontinente begegnen, sein Auftreten mit einem ehemals vorhanden gewesenen alten Festlandsrande in Zusammenhang zu bringen, und es würde also eine Verwerfungserscheinung in großem Stile vorliegen, entstanden im Zusammenhange mit dem Niederbruche des Festlandes." Endlich bemerken die genannten Geophysiker noch: „Die somit von zwei Seiten unabhängig voneinander geäußerte Ansicht über die Natur dieser Gräben dürfte zur Gewißheit erhoben sein durch die Gesteinssammlungen auf Yap von Volkens, die E. Kaiser bearbeitet hat, und auf die ebenfalls Friederichsen uns aufmerksam gemacht hat. Hiernach besitzen Yap und die nördlich davon vorgelagerte Insel Map einen kristallinen Kern, bestehend aus Strahlsteinschiefern und Amphiboliten, denen noch Talk und Chloritschiefer eingelagert sind; wichtig ist auch, daß nach den Volkensschen Aufsammlungen auf Yap keine Anzeichen jungvulkanischer Tätigkeit beobachtet wurden, sodaß die wohl sicher jugendlichen Grabeneinsenkungen direkt nicht mit vulkanischen Ausbrüchen in Beziehung zu setzen sind."

Eine sehr interessante Tatsache ist, daß neuerdings das deutsche Vermessungsschiff „Planet" südlich von Java ebenfalls submarine Gräben, darunter einen Doppel- oder Parallelgraben entdeckt hat. Hieraus ergibt sich, daß diese örtliche Gestaltung des Ozeans keineswegs eine ausnahmsweise sein kann, sondern ihr eine hervorragende Bedeutung zukommt.

Lotungen im westlichen Stillen Ozeane sind von dem Niederländischen Dampfer „Edi" und dem deutschen Kabeldampfer „Stephan" in den Jahren 1903 und 1905 ausgeführt worden auf der Linie Menado—Yap—Guam und Yap—Shanghai. Die Bearbeitung des Materiales ist im amtlichen Auftrage der Seewarte von Professor G. Schott und Dr. P. Perlewitz ausgeführt worden.[1]) Diese neuen Tiefenlotungen lieferten einen wichtigen Beitrag zur Morphologie des Stillen Ozeanes, und Prof. Schott gibt die wesentlichsten geographischen Betrachtungen der erwähnten Bearbeitung im Auszuge wieder.[2]) Über das Bodenrelief im allgemeinen sagt er: „Die Morphologie auf der Strecke Menado—Guam ist überaus interessant; das Gelände des Meeresbodens ist hier so wechselvoll,

---

[1]) Aus dem Archiv d. Deutschen Seewarte **29**. Nr. 2.

[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. p. 108. Vergleiche auch den vorhergehenden Artikel p. 243 u. ff.

wie es anderswo in dem Maße und der Ausdehnung in den Ozeanen wahrscheinlich kaum bisher gefunden ist. Inseln, Gräben und Horste folgen stetig aufeinander, so daß sich steile Böschungen und tief eingeschnittene Täler neben den den Meeresspiegel zahlreich überragenden Inseln und Inselgruppen finden. Wohl ist an andern Orten, z. B. im Archipel der Sundainseln oder der Antillen, das Bodenrelief an sich auch sehr reich gestaltet, aber die gesetzmäßige Anordnung findet sich dort nicht wie hier. Vier Inselgruppen liegen auf dem Bande nordöstlich von Menado: die Talauer Inseln, die Palauinseln, Yap und Guam mit den Marianen. Ganz entsprechend diesen Erhebungen über den Meeresspiegel finden sich in derselben Richtung, in der die Inselgruppen angeordnet sind, von Südwesten nach Nordosten, östlich und ihnen ganz nahe vier tief eingeschnittene Gräben, die nach den Inseln benannt werden sollen: als Talauergraben, Graben von Palau, Graben von Yap und Graben von Guam. Jenseits des Grabens erhebt sich regelmäßig ein mehr oder weniger ausgedehnter Horst, der weiterhin in das allgemeine, ziemlich ebene und tiefer als der Horst gelegene Tiefseebecken übergeht, um bald wieder zur nächsten Inselgruppe anzusteigen, auf die wiederum ein Graben, ein Horst usw. folgen.“ Über die Einführung der Bezeichnung „Horst“ in die Terminologie der unterseeischen Bodenformen sagt der Verfasser dabei etwa das Folgende:

„Es ist dieses Wort aufgenommen, wenigstens für diese Veröffentlichung und für diese sicherlich ganz eigenartigen Bodenerhebungen im westlichen pacifischen Ozeane. Horst, in dem von Sueß eingeführten Sinne, ist allerdings kein bloßer morphologischer Begriff; er setzt eine bestimmte Anschauung über die Geologie der betreffenden Gegend voraus, insofern man als Horst ein Plattschollengebirge bezeichnet, daß von Verwerfungen ringsum oder doch an zwei einander entgegengesetzten Seiten abgesetzt und abgetrennt wird von seiner Umgebung. Über die Entstehungsgeschichte der hier in Rede stehenden submarinen Bodenformen kann man nun Tatsächliches nicht beibringen, eine geologische Untersuchung ist unmöglich; man kann nur — übrigens ebenso wie bei den „Gräben“ — auf die z. T. überraschende Ähnlichkeit der äußern Formen mit festländischen Gebilden hinweisen und damit die große Wahrscheinlichkeit ähnlicher genetischer Vorgänge ersichtlich machen.“

Weit gleichmäßiger als auf dem ersten Bande sind die unterseeischen Bodenformen auf dem zweiten Bande, das von Shanghai nach Yap reicht und nur durch eine Inselgruppe, die der Liu Kiu, unterbrochen ist. Aber genau dem morphologischen Baue auf dem ersten Bande entsprechend reiht sich auch hier an die Liu Kiugruppe nach dem offenen Ozeane hin, also nach Südosten, ein steil und tief abfallender Graben, der Liu Kiugraben, an.“

Aus den speziellen Betrachtungen entnahm Verfasser die Schlußfolgerung, daß man es in allen hier beschriebenen Fällen —

morphologisch betrachtet — höchstwahrscheinlich mit gewaltigen Grabenversenkungen zu tun hat, die längs Verwerfungen stattgefunden haben. Es sind sozusagen Risse oder lange, schmale Furchen im Antlitz der Erde; die durchschnittliche Breite der Grabensohle beträgt nur etwa 10 Seemeilen, bei dem Guamgraben bis zu 20 Seemeilen. Der Stille Ozean ist zwar in seiner Gesamtanlage sehr alt; er gilt nach der vorherrschenden Ansicht für viel älter als der Atlantische und Indische Ozean. Dies hindert nicht, daß die Detailform der pacifischen Gräben, geologisch gesprochen, höchstwahrscheinlich jugendlichen Alters ist. Die Steilheit der Böschungen in Verbindung mit dem, was man über das Alter der den Pacifischen Ozean umrandenden großen Faltengebirge weiß, führt zu der Annahme, daß diese Einsturzräume, zum mindesten der Liu Kiugraben, nicht aus den ältesten geologischen Zeiten herstammen, daß sie vielmehr erst in jüngern Epochen (Tertiärzeit) entstanden sein dürften. Der Inselbogen der Liu Kiu birgt nach F. v. Richthofen einen paläozoischen Kern, dem sich nach dem Kontinente, also nach Nordwesten hin, eine vulkanische Zone, nach dem Pacifischen Ozeane hin, also nach Südosten, eine tertiäre Zone anschließt.

Die in Rede stehenden Gebiete sind nichts anderes als kontinentale Bruchränder selbst da, wo die erwähnten submarinen Gräben an entfernt vom Festland liegenden Inseln angelehnt erscheinen. Damit erklärt sich ungezwungen die Tatsache, daß im westlichen Teile des Großen Ozeans die Gräben stets an der Ost- oder Südostseite der Inseln auftreten, und daß die Steilabfälle bei sämtlichen Gräben an der Seite der Inseln sich befinden, die nicht nach dem Kontinente, sondern nach dem freien Ozeane zu gelegen ist. Hiermit hängt auch die unsymmetrische Form des Profiles, die für alle Gräben charakteristisch ist, zusammen. M. Friederichsen hat schon 1901 den damals allein bekannten Carolinengraben, der mit dem Guamgraben der vorliegenden Arbeit identisch ist, als jugendlichen Einbruch an einem alten Festlandrande angesehen, und die auf Yap durch Volkens gemachten Gesteinssammlungen — kristalline Schiefer, Chloritschiefer u. a. — bestätigen indirekt die gleiche, auf die überraschenden Lotergebnisse gestützte Annahme von Schott und Perlewitz.

Die Bodenbeschaffenheit ist bei den Lotungen der „Edi" und des „Stephan" sogleich an Bord auf Grund des äußern Befundes der heraufgebrachten Bodenproben vorläufig ermittelt worden, doch steht eine fachmännische mikroskopische Untersuchung noch aus. Hier muß es daher genügen, zu sagen, daß in den großen Tiefen dieses Gebietes vorwiegend Globigerinenschlamm und roter Ton liegt, letzterer im besondern auch auf der Sohle der tiefen Gräben. Nur vom Grunde des Liu Kiugrabens wird „blauer Schlick" gemeldet, ohne daß bisher ersichtlich ist, ob es sich um ein vorwiegend terrigenes oder pelagisches Sediment handelt. Im übrigen ist die ganze

Strecke von dem Liu Kiugraben nach Yap mit rotem Tone bedeckt, seltener wurden Schlick, weißer Sand oder auch Bimssteinstücke gefördert. Auf dem Bande Menado-Guam finden sich nördlich von Menado in der Küstengegend mehrfach Korallen und vulkanische Steine. Weiterhin nach Südosten, zunächst nördlich von Morotai, bedeckt den Meeresboden blauer und roter Ton, zuweilen auch mit Bimsstein und Manganablagerungen untermischt, und noch weiter nach dem Talauergraben zu liegt schon in größerer Tiefe Globigerinenschlamm. Im Talauergraben selbst aber wurde roter Ton gefördert. Nördlich der Andrewinseln findet sich in den mittlern Tiefen Globigerinenschlamm, wie auch bei Palau und Yap. Von Palau nach Yap zu ist der Boden mit Globigerinen bedeckt. Auf dem Horste von Yap wurden mehrmals Manganablagerungen oder -knollen gefunden und weiterhin wieder roter Ton, an der Westseite bei Guam vereinzelt Manganablagerung, Lava und Koralle.

Die Bodentemperatur liegt für Tiefen von 4000 bis 5000 *m* in dem tropischen westlichen Teile des Stillen Ozeans bei 1.7° bis 1.9°; weiter im Norden, auf 20.1° nördl. Br. und 130.7° östl. L., wird aber für die Tiefe von 5962 *m* südöstlich vom Liu Kiugraben eine sehr viel niedrigere Temperatur, 0.6°, gemeldet."

Die Dimensionen der Meereswellen sind von M. Bertin besprochen worden.[1]) Die längste ihm bekannte Welle maß 842 *m* von Kamm zu Kamm. Die langen Wellen sind jedoch nicht ungewöhnlich hoch; in tiefem Wasser würde die Höhe einer 842 *m* langen Welle ein Fünfzigstel ihrer Länge, also etwa 16 *m* betragen. Besonders auf kleinen Fahrzeugen wollen Beobachter viel höhere Wellen gesehen haben; aber ihre Beobachtungen sind nicht sehr wertvoll, weil das Deck eines solchen Schiffes der Oberfläche der Wellen zu nahe ist, und die Neigung des Deckes so den Beobachtern einen übertriebenen Eindruck von der Höhe einer sich nähernden Welle gibt. Berichte, bei denen diese Fehlerquelle ausgeschieden war, zeigen, daß die höchsten Wellen im offenen Wasser vom Wellentale bis zum Kamme 16 *m* maßen. In den südlichen Meeren allerdings kann man gelegentlich auf noch höhere Wellen stoßen. Beim Eintritte der Wellen in flaches Wasser nimmt ihre Umlaufszeit ab, und sie werden höher, so daß eine Welle von 12 *m* eine Höhe von 16 *m* und darüber erreicht. Stößt sie auf ein Hindernis, das sich der Senkrechten nähert, so kann sie leicht bis zu 32 *m* Höhe und mehr aufgeworfen werden, wie bei dem Eddystoneleuchtturm in der Höhe von Plymouth, wo grünes Wasser zuzeiten eine Höhe von 32 *m* erreicht hat. Wellen von 842 *m* Länge und einer Zeitdauer von 23 Sekunden sind nur sehr selten, denn die gewöhnliche Länge einer langen Welle beträgt etwas über 160 *m* und die Zeitdauer 10 Sekunden. Im Durchschnitte ist die Zeitdauer 6 bis 8 Sekunden und die Länge 52 bis 107 *m*, während die Höhe selten 11 *m* übersteigt.

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie **29**. p. 285.

Das System der Meeresströmungen behandelte Witte in einer sehr beachtenswerten Abhandlung.[1]) Er weist darauf hin, daß die Karten der Meeresströmungen lange Zeit nur auf Grund der beobachteten Wassertemperaturen entworfen worden sind, eine Methode, die sich bezüglich der warmen Strömungen auch gut bewährte, die aber in ihrer Anwendung auf abnorm kalte Wasser durchweg zu irrigen Schlüssen führt. Ein klassisches Beispiel bietet der Humboldtstrom an der pacifischen Küste Südamerikas, der eine Oberflächenströmung aus dem Antarktischen Ozeane sein sollte. Nach Humboldts Vorgange und auf seine Autorität hin haben dann die Geographen an allen Küsten der Kontinente, an denen kaltes Wasser gefunden wurde, kalte Oberflächenströme gezeichnet, die direkt aus den Eismeeren bis in die Tropen geführt wurden. Und war eine solche Herleitung ausgeschlossen, so scheute man nicht zurück vor den willkürlichsten Annahmen. So ließ man, um das kalte Wasser an der Westküste von Nordafrika zu erklären, den bei Neufundland untertauchenden Labradorstrom quer durch den Atlantischen Ozean setzen und bei Marokko wieder auftauchen.

Auf diese Weise entstand das System der Meeresströmungen, das die Karten bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zeigen. Daß solche Ströme nicht nur mit einer erheblichen Anzahl zuverlässiger Forschungen, sondern auch mit den Gesetzen der Physik in Widerspruch standen, wurde übersehen.

Erst vom Jahre 1870 ab kommen gegen die „kalten Ströme" Bedenken auf. Es wird geltend gemacht, daß das in Frage stehende Küstenwasser zwar unzweifelhaft kalt und auch nach seinen sonstigen Eigenschaften polaren Ursprunges ist, daß es aber in den meisten Fällen keine ausgesprochene Strömungstendenz zeigt. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß die Temperatur in der Tiefe des Weltmeeres überall, auch unter den Tropen, kalt ist. Und es werden für das Emporquellen des kalten Grundwassers an den Küsten mehrere physikalisch unanfechtbare Ursachen gefunden.

Unter ihnen scheint am leichtesten verständlich die Wirkung des Windes. Ablandiger Wind treibt das warme Oberflächenwasser von der Küste fort und läßt daselbst die kältern, tiefern Schichten emportreten. Die Erklärung ist so einfach, daß sie wahrscheinlich von vornherein zur Geltung gekommen wäre und allen verhängnisvollen Irrtümern vorgebeugt hätte, wenn sie überall zuträfe. Aber gerade an den Küsten, die für unsere Erscheinung in Frage kommen, wechselt der Wind äußerst regelmäßig mit den Tageszeiten, so daß man deutlich Land- und Seewind unterscheidet. Und zwar überwiegt an der peruanischen Küste sogar der Seewind, der von den Beobachtern häufig als stürmisch bezeichnet wird. Auch das kühle Küstenklima, das sich fast überall neben dem kalten

[1]) Gaea 1907. p. 477.

Küstenwasser findet, läßt ganz allgemein, nicht nur für Peru, auf das Vorwiegen auflandiger Winde schließen. Diese Schwierigkeiten sind es wohl gewesen, die einer richtigern Deutung des kalten Küstenwassers anfänglich im Wege gestanden haben.

Nun gibt es aber für das Auftauchen kalten Wassers aus der Tiefe des Meeres noch andere Ursachen, unter denen die wichtigste die Achsendrehung der Erde ist. Die Drehung der Erde hat die Tendenz, die Strömungen auf der Oberfläche abzulenken, und zwar die der nördlichen Halbkugel nach rechts, die der südlichen nach links. Dieser als Rotationskraft bezeichnete Einfluß wirkt beispielsweise auf den Golfstrom in seinem Laufe längs der Küste der Vereinigten Staaten genau so wie ablandiger Wind, bringt also auf seiner linken Seite, am Festlande, kaltes Wasser zum Aufquellen. Inwieweit die Erscheinung auf den Wind und inwieweit auf die Rotationskraft zurückzuführen ist, muß zunächst unentschieden bleiben. Jedenfalls bildet der cold wall der Amerikaner, das bis Florida sich erstreckende kalte Küstenwasser, nur in seinem nördlichsten Teile eine Fortsetzung des Labradorstromes. Schon die Challenger-Expedition hat bestätigt, daß dieses kalte Wasser keine bestimmte Strömung zeigt. Wenn es in größerer Nähe des Landes vorwiegend dem Golfstrome entgegengesetzt fließt, so steht das Ergebnis damit durchaus nicht in Widerspruch. Wie das Wasser hinter den Buhnen unserer Flüsse eine rückläufige Bewegung ausführt, so wird das kalte Küstenwasser neben dem Golfstrome von den Küstenvorsprüngen gewissermaßen zurückgesogen, während es sich beim Fehlen derartiger Vorsprünge, sowie in größerer Entfernung vom Lande dem allgemeinen Stromlaufe anschließt. Für die Frage nach dem Ursprunge des kalten Wassers kommen diese sekundären Bewegungserscheinungen nicht in Betracht.

Nachdem dann die Gewässer des Golfstromes den Atlantischen Ozean durchquert haben, setzt der größere Teil längs den Küsten Europas nach Nordosten und schmiegt sich unter dem Einflusse der Rotationskraft und des Windes eng nach rechts an die Küste an. Der kleinere Teil wendet sich von Portugal ab nach Süden und Südwesten, geht aber beim Kap Verde in die nordatlantische Äquatorströmung über und vollendet seinen Kreislauf, indem er sich nach abermaliger Durchquerung des Ozeans wieder an den Golfstrom anschließt. Auf seinem Wege längs der afrikanischen Küste hat der Strom das Festland zur Linken. Hier wirkt also die Rotationskraft in dem Sinne, daß sie das noch immer verhältnismäßig warme Wasser von der Küste wegtreibt und das kalte aus der Tiefe aufquellen läßt. Und zwar tritt die Folge sogar ein im Gegensatze zu der auflandigen Windrichtung, der die Küste ihr kühles Klima verdankt.

Von der peruanischen Strömung weiß man, daß das Wasser in größerer Entfernung vom Lande verhältnismäßig warm ist, und daß

gerade dieses wärmere Wasser deutlich nach Norden setzt, während das kältere Küstenwasser wenig oder keine Strömung zeigt. Auf der südlichen Halbkugel treibt nun die Rotationskraft den warmen Oberflächenstrom nach links und läßt rechts, an der Küste, das kalte Wasser aufquellen. Den ersten Ansatz zur richtigen Deutung dieses Verhältnisses findet sich in der „Reise der ‚Prinzessin Louise' um die Erde von Dr. Meyen (Berlin 1834)". Nachdem der Verfasser die auffallenden Wassertemperaturen bestätigt und die Stromlosigkeit des Küstengürtels besprochen hat, sagt er: „Man möchte daher . . . zu glauben geneigt sein, daß die so außerordentlich niedern Temperaturen an dieser Küste vielleicht durch eine Strömung kalten Wassers aus der Tiefe veranlaßt werden."

In ähnlicher Weise läßt sich der Einfluß der Rotationskraft für alle Küsten verfolgen. Ihre Stärke wächst mit der Geschwindigkeit der Strömung und mit dem Sinus der geographischen Breite.

Die nächste Folge ablandigen Windes ist eine Erniedrigung des Wasserspiegels an der Küste. Infolgedessen sinkt daselbst der Druck auf alle tiefern Wasserschichten, und es tritt nicht nur die nächsthöhere Wasserschicht zutage, sondern alle kalten Schichten bis zum Grunde hinab heben sich gegen die Küste. Ebenso bewirkt die Rotationskraft beispielsweise beim Golfstrome auf der linken Seite, an der Küste, ein Sinken des Wassers im Vergleiche zur rechten Seite und somit überhaupt zu dem allgemeinen Niveau des Ozeans. Und zwar läßt sich die Senkung des Wasserspiegels an der Küste unter günstigen Umständen auf 1 bis 2 *m* veranschlagen. Daß diese physikalisch genauere Auffassung der Erscheinung zutrifft, geht aus allen Diagrammen der Ozeane hervor, wie sie besonders von der Challengerexpedition und seitdem so vielfach ausgeführt worden sind. Sie alle zeigen, daß an den betreffenden Stellen sämtliche Isothermen sich gegen die Küste heben, während sie z. B. bei Norwegen, wo das Oberflächenwasser sich gegen die Küste drängt, tief hinunter gedrückt werden. Immer also sind es die eigentümlichen Druckverhältnisse, welche die Erscheinung hervorrufen. Daher hat Witte für dieses kalte, aus der Tiefe aufquellende Wasser, das anderweitig auch als „Auftriebwasser" bezeichnet wird, den Namen Druckwasser vorgeschlagen.

„Verallgemeinern wir die gewonnene Erkenntnis, so ergibt sich in großen Zügen folgendes Bild:

Die Ozeane werden zwischen dem Äquator und dem 45. Breitengrade umflossen von Strömungen, auf der nördlichen Halbkugel im Sinne des Uhrzeigers, auf der südlichen in entgegengesetzter Richtung. Von den Stromkreisen lösen sich auf ihrer polaren Seite Ströme ab, die mit östlicher Tendenz in höhere Breiten übergehen, und denen die Westküsten Europas, Alaskas und Patagoniens ihr abnorm warmes Klima verdanken. Alle diese Strömungen führen äquatoriales Wasser, das sich allerdings nach seinem Übergange in höhere

Breiten durch Abkühlung, Niederschläge und Vermischung mit kaltem Druckwasser dem Wesen des polaren Wassers annähert. Aber selbst im Eismeere hebt es sich noch längere Zeit deutlich ab von den polaren Gewässern und bietet Veranlassung zu höchst merkwürdigen Strömen, deren Untersuchung sich besonders norwegische Forscher zur Aufgabe gemacht haben.

Für kalte, direkt aus dem Eismeere stammende Oberflächenströme ist auf der nördlichen Halbkugel nur Raum zu beiden Seiten von Grönland. Im Ostgrönländischen und Labradorstrome ist das Salzwasser des Polarmeeres durch schmelzende Gletscher so weit verdünnt, daß es als mächtiger Oberflächenstrom bis zur Höhe der Neufundlandbank vordringt. An der Küste der Vereinigten Staaten gelangt es dann in der Furche zwischen dem Festlande und dem Golfstrome noch weiter nach Süden und geht allmählich über in das bis zur Spitze von Florida auftretende kalte Druckwasser.

Sodann besteht eine kalte Oberflächenströmung an der Ostküste Asiens. Aus dem Beringmeere und dem Ochotskischen Meere mit dem Tatarischen Golfe, dem „Nordpacifischen Eismeere", setzt eine Küstenströmung nach Süden. Auch hier tritt schon an der Ostküste von Japan und dann im Verlaufe der Festlandsküste bis nahe zum Äquator das kalte Druckwasser auf. Eine scharfe Grenze zwischen ihm und der eigentlichen Strömung läßt sich auch hier nach dem heutigen Standpunkte der Forschung noch nicht ziehen.

Auf der südlichen Halbkugel dringt im Osten von Südamerika eine mit gewaltigen Eismassen beladene Strömung aus dem Eismeere bis weit in die gemäßigte Zone vor. Gegen Norden geht sie an der Küste wieder in Druckwasser über. Ob vielleicht noch anderweitig, insbesondere südöstlich von Neuseeland, ein Vorstoß antarktischen Wassers erfolgt, der als kalte Strömung bezeichnet werden kann, läßt sich nach der heutigen Kenntnis des südlichen Polarbereiches noch nicht entscheiden. Das sonstige kalte Oberflächenwasser der gemäßigten und heißen Zone, insbesondere das bei Südafrika, ist ebenso wenig wie das bei Peru ein antarktischer Strom, sondern Druckwasser.

Der Fortschritt, den die Erforschung der Meeresströmungen seit 30 bis 40 Jahren gemacht hat, gipfelt darin, daß der Widerspruch behoben ist, in dem die angenommenen Ströme zu wohlbeglaubigten Beobachtungen aus älterer Zeit, sowie zu den Gesetzen der Physik standen. Daß warme und kalte Ströme durch 20 bis 30 und mehr Breitengrade unmittelbar nebeneinander in entgegengesetzter Richtung fließen sollten, war unverständlich; gar nicht davon zu reden, daß der bei Neufundland untertauchende Labradorstrom von Marokko ab seinen oberseeischen Lauf längs der afrikanischen Küste fortsetzen sollte und dergleichen. Heute lassen sich alle wesentlichen Züge der Meeresströmungen wenigstens qualitativ aus physikalischen Gesetzen herleiten.

Dieser Erfolg war freilich nur möglich, indem man auf eine einheitliche Erklärung aus einer einzigen Ursache verzichtete. Allerdings beruht die Anordnung der ozeanischen Gewässer in erster Linie auf ihrem Dichtigkeitsunterschiede. Doch üben Luftströmungen und Rotationskraft einen so wesentlichen Einfluß auf die Oberfläche aus, daß die Meeresströme nur verständlich werden aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Kräfte. Die Ursachen quantitativ gegeneinander abzuwägen, das wird noch auf lange Zeit hinaus Aufgabe der Forschung sein.“

Ostbaltische Seebären. Sehr selten ereignet es sich, daß in einigen Meeresbecken bei ruhigem Wetter und glattem Spiegel plötzlich eine mehrere Fuß hohe und zuweilen sich wiederholende Flutwoge auftritt. Flache Gestade überspülend, Boote auf den Strand werfend, Menschen zur eiligen Flucht zwingend, verschwindet sie ebenso unvermittelt, wie sie gekommen — und das Meer liegt wieder ruhig da wie zuvor. Von den Anwohnern der westlichen Ostsee werden derartige Naturerscheinungen bekanntlich als „Seebären“ bezeichnet, ein Wort, das durch Verstümmlung des niederdeutschen, noch vor zwei Jahrhunderten gebräuchlichen, dem heutigen Sprachschatze aber verloren gegangenen Worte bahre (= Woge) entstanden.

Eine umfangreiche Studie über ostbaltische Seebären hat Prof. Dr. B. Doß veröffentlicht.[1]) In Pommern und Mecklenburg fanden solche statt: am 31. Oktober 1755 bei Travemünde (vermutungsweise), 1. November 1755 im Lübecker Hafen, 15. Juli 1756 am Strande von Hinterpommern, 23. April 1757 bei Treptow, 4. März 1779 bei Leba und Kolberg, Ende des 18. Jahrhunderts (Zeit unbestimmt) bei Heukenhausen nordöstlich Kolberg, zu unbestimmter Zeit (innerhalb der 1821 vorangegangenen 30 Jahre) zwischen Kolberg und Köslin, Anfang des 19. Jahrhunderts in zwei Fällen an der Küste von Rügen, 3. Januar 1825 bei Kopenhagen 15. Juli 1832 bei Danzig. 1848 bei Wustrow, 23. August 1853 bei Kolberg und bei Kranz (Ostpreußen), 31. Dezember 1854 im Kieler Hafen, 14. Januar 1858 an der Nordküste der Insel Dagö, Mai 1873 bei Darsser Ort, Frühling 1885 (oder 1884) an der Westküste von Hiddensöe, 16. bis 17. Mai 1888 an der Küste von Hinterpommern und Mecklenburg.

An den Gestaden der russischen Ostseeprovinzen ist die Erscheinung nur einmal, nämlich 1858 Januar 15. (n. B.) bei der Insel Dagö beobachtet worden, worüber Prof. Doß speziellere Daten beibringt. Aus der Besprechung dieser und mehrerer anderer Erscheinungen derselben Art schließt Prof. Doß, daß atmosphärische, durch das Auftreten umlaufender Winde und Wirbelwinde gekennzeichnete Vorgänge ausnahmslos jene plötzlich auftretenden Flutwogen hervorgerufen haben. Seismische Ursachen kommen bei

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik **8**. p. 367.

keinem einzigen Falle in Betracht, und insbesondere ist dies für den Dagöer Seebären zu betonen, da für dessen seismische Natur bis in die jüngste Zeit immer wieder einzelne Forscher eingetreten sind, während schon 1858 L. Kämtz ganz richtig auf dessen meteorologisches Gepräge hingewiesen hatte.

Unter den ostbaltischen Seebären zeichnen sich die der Pernauer Bucht durch einen bemerkenswert lange andauernden Wasserstau (eine halbe Stunde und mehr) aus, der nur durch Bildung stehender Wellen infolge Interferenz erklärt werden kann. Im Gegensatze hierzu verlaufen sich die an der gestreckten Libauer Küste auftretenden Seebären schon innerhalb weniger Minuten. Daß bei einem dieser letztern die ursächliche Verbindung des plötzlichen Wogenstaues an der Küste mit einer auf dem Meere entstandenen Wasserhose zur Beobachtung gelangte, ist insofern von besonderer Bedeutung, als direkte Wahrnehmungen über die Bildung der Seebären bisher noch in keinem einzigen Falle vorlagen, und die atmosphärische Natur derselben immer nur auf indirektem Wege erschlossen werden konnte.

Einige der ostbaltischen Seebären bieten außerdem noch insofern ein nicht gewöhnliches Interesse, als die während ihres Auftretens angestellten Beobachtungen zu dem Schlusse führen, daß einerseits die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit der Herausbildung seichesartiger Schwingungen auf offener See (wie beim Dagöer Seebären) zugestanden werden muß, und anderseits in Flußmündungen die Seebärenwoge durch die Entstehung einer Sprungwelle eine Überhöhung erfahren kann, wodurch z. B. die großen Amplituden einiger Pernauer Seebären (bis 3 *m*) eine ungezwungene Erklärung finden.

Der finnische Meerbusen. Die bisherigen geophysikalischen Beobachtungen über diesen wichtigen Teil der Ostsee sind in zahlreichen Einzelabhandlungen zerstreut, die zum Teile schwer zugänglich, auch teilweise in russischer Sprache erschienen. Es ist daher ein verdienstvolles Unternehmen, diese Forschungsergebnisse zusammenzutragen, kritisch zu sichten und zu einem geographischen Gesamtbilde zu vereinigen. Diese Arbeit hat Dr. Eugen Ferd. Piccard ausgeführt, und er war zu derselben durch mehrjährigen Aufenthalt in Petersburg und Besuch der Küsten des Busens, endlich durch seine Kenntnis der russischen Sprache vorzüglich geeignet. Die Ergebnisse seiner Studien hat er in einer Publikation unter dem Titel: „Beiträge zur physischen Geographie des Finnischen Meerbusens“,[1]) veröffentlicht, eine Publikation, welche die Aufmerksamkeit der Geographen und Geophysiker verdient. Denn in ihr findet sich alles vereinigt, was wir zurzeit in geophysikalischer Beziehung über den

[1]) Kiel 1906, Robert Cordes, Verlagshandlung.

Finnischen Meerbusen wissen, auch gibt Dr. Piccard eine ausführliche Zusammenstellung der vorhandenen Literatur über denselben.

Werfen wir an der Hand dieser Darstellung einen raschen Blick auf den Finnischen Meerbusen, so sind es zunächst die morphologischen Verhältnisse, die in Betracht kommen. Da dieser Meerbusen sich westwärts mit breiter Ausbuchtung gegen die Ostsee öffnet, so ist klar, daß seine westliche Grenze nur willkürlich festgesetzt werden kann. Dr. Piccard schlägt vor, den Finnischen Busen durch die gerade Linie Spithamn-Hangö von der Ostsee abzugrenzen, und gibt innerhalb dieser Grenze das Areal desselben zu 29 844 *qkm* an. Die größte Tiefe gibt er zu 113 *m*, die mittlere zu 35.6 *m* und das Volumen zu 1064 *ckm* an. Die Gestade des Finnischen Meerbusens zeigen zum großen Teile negative Strandverschiebungen (Hebungen) wie das gegenüberliegende Skandinavien. Schon 1754 machten die Schweden bei Hangö Udd eine Marke im Gesteine, um die etwaige Strandverschiebung erkennen zu können, regelmäßige Beobachtungen an 47 Punkten sind aber erst seit 1837 vorhanden. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts führte Kosakewitsch als Beweise für die Hebung Südfinnlands folgende Tatsachen an: Den Namen vieler Orte, die gegenwärtig auf dem Festlande liegen, sind die Endungen -holm (kleine Insel), -ö (Insel), -sund (Meerenge, Durchfahrt), -Wiek (Meeresbucht) angehängt, Bezeichnungen, die offenbar darauf deuten, daß diese Stellen früher dem Meere und nicht dem Festlande angehörten und dem jetzigen Verhältnisse nicht mehr entsprechen. Große Uferfelsen, welche in frühern Zeiten öfter vom Wasser überspült wurden, so daß die Strandbewohner an ihnen Seehunde jagten, ragen jetzt hoch über das Wasser hervor und liegen stets trocken. Dunkle horizontale Streifen (durch die chemische Wirkung des Meerwassers erzeugt), natürliche Ufermarken des ehemaligen Mittelstandes des Meeres, sind an steilen Uferstellen ersichtlich, in einer Höhe, die das Meer jetzt nicht mehr erreicht. Regelmäßige, wallartige, langgestreckte Streifen völlig abgerundeten Gerölles kristallinischer Gesteine liegen auf hohen, flachen Granit- und Sandhügeln.

Nach den Untersuchungen von Bonsdorff kann folgendes als Tatsache betrachtet werden. Das Aufsteigen Südfinnlands nimmt von Westen nach Osten bis Porkala zu und von da nach Osten ab; im Südwesten beträgt es durchschnittlich 55.2 *cm* im Jahrhunderte. Bei Reval konnte keine Strandverschiebung nachgewiesen werden, und Bonsdorff nimmt an, daß die ganze Südküste des Finnischen Golfes sich in Ruhe befindet.

Von 1841 bis 1887 beträgt die Hebung bei Kronstadt 2.43 *cm* (0.54 *mm* jährlich) und scheint von 1841 bis 1858 stärker vor sich gegangen zu sein als in der Zeit von 1858 bis 1887.

Nach Rosberg ist das Aufsteigen Finnlands viel intensiver im Innern der Scheeren als außerhalb derselben, da wo die limnimetrischen Beobachtungen ausgeführt wurden. Es sind besonders die

flachen Buchten und die kleinen Meerengen, welche eine abnorme Landhebung zeigen. In der Strömsby-Wiek würde die Hebung 60 *cm* in 45 Jahren betragen, am Prestholmen 75 *cm* in 60 Jahren.

Was die geologische Beschaffenheit anbetrifft, so ist der mächtige Gegensatz zwischen Finnland und dem größten Teile Skandinaviens, welche aus kristallinischen Gesteinen archäischen und algonkischen Alters bestehen und den aus fast horizontalen paläozoischen Schichten, welche sich auf Gothland und Oland wiederfinden, bestehenden russischen Ostseeprovinzen bekannt. „Nirgends," sagt Piccard, „ist der Kontrast imposanter als im Finnischen Meerbusen, wo den Gneisen und Graniten Finnlands gegenüber die majestätische cambrisch-silurische Platte Esthlands das südliche Ufer, dort wo es nicht aus diluvialen Gebilden besteht und einen mächtigen Absturz erleidet, welcher die Schichtenköpfe zutage kommen läßt und eines der schönsten natürlichen geologischen Profile unseres Planeten bildet. Das nördliche Ufer zeigt gegenwärtig eine negative Strandverschiebung, seine Erhebung beträgt 0.5 *m* im Jahrhunderte, wenigstens im Westen, und die Scheeren sind nichts anderes als eine Rundhöckerlandschaft, vom Inlandeise, welches seine Schrammen hinterlassen, modelliert, deren Depressionen das Meer einnimmt, und die, nachdem sie durch eine Strandverschiebung vollständig überflutet gewesen, sich nun vom Grunde des Meeres erhebt, in welchem sie, um Rosbergs drastischen Ausdruck zu gebrauchen, „ihre ursprüngliche Form so gut bewahrt hat, wie ein anatomisches Präparat in Spiritus". Das südliche Ufer, im Gegenteil, weist keine Strandverschiebung auf, was die Horizontalität der Schichten und die Abwesenheit von Dislokationen a priori vermuten lassen konnte. Es muß also notwendig zwischen dem nördlichen und südlichen Ufer des Finnischen Golfes eine Verwerfung vorhanden sein, welche Verf. nach seinen eigenen morphologischen Untersuchungen über das unterseeische Relief in die Nähe Esthlands, vom Meridian des Kap Spithamn bis zu demjenigen des Kap Perespe, in die größten von uns, die Eingangsrinne und die große Esthländische Mulde, benannten Tiefen, verlegt."

Was das nördliche Ufer des Finnischen Meerbusens anbelangt, so steigt das Land von der niedrigen Scheerenküste ab ganz langsam an bis zum sogenannten „Land der tausend Seen" oder der Finnischen Seenplatte, welche die Mitte der Region zwischen dem Bottnischen und Finnischen Meerbusen und dem Ladogasee einnimmt, eine mittlere Höhe von 100 *m* besitzt und sich durch außerordentlichen Reichtum an Seen auszeichnet. „Auf dem breiten Saume zwischen dem Finnischen Meerbusen und der eigentlichen Seenplatte sind die Seen verhältnismäßig viel seltener; an manchen Stellen, besonders im Süden, treffen sich unzählige, z. T. sehr nahe aneinander gerückte Anhöhen, welche die Höhe von 100 *m* nicht überschreiten; die ganze Zone ist von Westen nach Osten durch einen großen Queras oder eine Frontalmoräne durchschnitten, welche von der

Hangöspitze bis Vesijärvi unter dem Namen As von Lojo und von dort bis Joensuu unter dem Namen Salpausselkä sich hinzieht. Der Salpausselkä, welcher mehr in der Nähe der Seenplatte verläuft, einen mächtigen, nach Süden gerichteten Bogen beschreibend, wird im Norden und in einem Abstande von 20 bis 30 *km* von einem andern parallelen Landrücken begleitet. Diese Asar ragen 20 bis 30 *m* über die umliegende Gegend hervor."

Längs des südlichen Ufers bilden Esthland und Ingermanland im Westen und im Osten von einer Einsenkung, welche von den Systemen der Flüsse Narowa und Luga eingenommen ist, zwei große Ebenen, von denen jede in einem Plateau von 120 bis 150 *m* kulminiert, Esthland in der Umgegend von Wesenberg, Ingermanland zwischen Moloskowitzy und Jelisavetino, während der ganze nördliche Rand des Landes unmittelbar am Strande oder in einer mehr oder weniger großen Entfernung von demselben einen schroffen Absturz, den Glint, bietet. Am Fuße des Glintes, da wo er nicht vom Meere umspült ist, erblickt man eine niedrige und ziemlich buchtenreiche Küste. Vom Glint ab erhebt sich das Land langsam bis zur Wasserscheide, welche sich von Westen nach Osten in einer geringen Höhe hinzieht und die Mitte des Landes einnimmt.

Über die meteorologischen Verhältnisse gibt Dr. Piccard zahlreiche und umfangreiche Tabellen, doch sind die Beobachtungen noch bei weitem nicht genügend, um sichere Mittelwerte ziehen zu können.

Eine sehr merkwürdige, aber aus der Gestalt und Lage des Finnischen Meerbusens, seiner Verbindung mit der Ostsee und der vorwaltenden Richtung der Fortbewegung der atmosphärischen Wirbel hervorgehende Erscheinung sind die Sturmfluten, welche nicht selten Petersburg bedrohen. Diese Gefahr wird vergrößert dadurch, daß Petersburg auf dem niedrigen Newadelta liegt. Schönrock sagt hierüber: „Eine mächtige Wasserwelle, von der Breite mindestens des Meerbusens, gewöhnlich aber bei SW- und WSW-Winden von noch größerer Breite, da sie dann diagonal verläuft, wird zur Newa getrieben. Hier verengt sich der Meerbusen ganz bedeutend zu der Bucht der Newa, und diese enorme Wassermenge muß hier unwillkürlich an Höhendimensionen stark zunehmen."

Rykatschew hat ein Verzeichnis aller von 1691 bis 1898 eingetretenen Sturmfluten gegeben. Im ganzen wurden während dieser 208 Jahre 189 Überschwemmungen registriert, d. h. Stände des Meeres von 1.5 *m* an über Null. Überschwemmungen mit Pegelständen von 2.1 *m* sind selten, solche von 2.4 *m* sehr selten. Die Überschwemmung am 19. November 1824 mit einem Wasserstande von 4.1 *m* war die höchste. Es wurden durch dieselbe 324 Häuser zerstört, 3257 Bauwerke erlitten Beschädigungen, 208 Personen fanden den Tod. In Kronstadt erreichte das Wasser 3.45 *m* über Null. Die meisten hölzernen Bastionen mit ihren Kanonen und

Ankern wurden fortgerissen. Die steinernen Befestigungen hielten stand, obgleich hier und da Mauerwerke und Kanonen umgeworfen waren. Von den 94 anwesenden Schiffen wurden nur zwölf gerettet; 76 Personen ertranken.

Am 16. November 1897 wurde fast das ganze Newadelta überschwemmt, und von der Insel Kotlin ragten nur die Stadt Kronstadt und ein ganz schmaler Streifen im Zentrum der Insel aus den Fluten hervor. Für diese Sturmflut wurde zum erstenmal (von Rykatschew) der Gang der Erscheinung von dem Eingange des Finnischen Meerbusens (Hangö) bis nach St. Petersburg festgestellt. Der höchste Wasserstand wurde in Hangö um 3 Uhr morgens beobachtet, in Hochland gegen 7 Uhr morgens, in Kronstadt um 11 Uhr morgens und in St. Petersburg mittags um 12 Uhr. Die Welle legte die Strecke Hangö-Kronstadt in $8^1/_2$ Stunden zurück (Geschwindigkeit 44.4 *km* in der Stunde). Die Strecke Kronstadt —St. Petersburg wurde in einer Stunde durchmessen (25.9 *km* in der Stunde).

Nach den Zusammenstellungen von Schönrock fallen die meisten Überschwemmungen auf die Monate September bis einschließlich Dezember, die wenigsten auf März und April. Hauptsächlich sind es stürmische Winde aus Südwesten bis Westen, welche sie verursachen.

Die Strömungen im Finnischen Meerbusen sind im allgemeinen nur unbedeutend, nach Ackermann findet zwischen der Achse desselben und der finnländischen Küste eine schwache westliche Strömung statt. Die Gezeiten sind auch unbedeutend.

Die Strömungsverhältnisse im Golfe von Mexiko. Leutnant John C. Soley von der Ver. Staaten-Marine hat sich bemüht, die Frage nach der Wasserbewegung im Golfe zu erledigen, und zwar dadurch, daß die Schiffe, welche den Golf durchfahren, mit Formularen versehen wurden, in die sie Schiffsort, Windrichtung und Windstärke, Stromrichtung und Stromgeschwindigkeit, Temperatur und Farbe des Wassers eintragen sollten. Damit wurde im Juli 1905 begonnen, und das Unternehmen hat seitens der Schiffskapitäne so großen Beifall gefunden, daß ein überreiches Material bereits bis Anfang 1907 zusammenkam und Leutnant Soley in den Stand setzte, die Frage eingehend zu diskutieren. Seine bezügliche Arbeit ist im Februarhefte 1907 der Annalen der Hydrographie in deutscher Übersetzung erschienen, und folgendes ist ihr Hauptinhalt:

Die Naturgesetze, welche die Verhältnisse im Golfe von Mexiko regeln, sind:

1. Ein Wasserstrom wird der Richtung des geringsten Widerstandes folgen.

2. Da Wasser unelastisch ist, wird eine erzwungene Wasserverschiebung an einem Orte immer durch eine entsprechende Bewegung

an einem andern Orte ausgeglichen, während diese Bewegung wiederum durch eine entgegengesetzte abgelöst wird, sobald die störende erste Ursache aufgehört hat.

3. Eine Strömung ist nur eine Frage der Dichtigkeit; Winde verursachen keine Strömung, sie bewirken nur Wellen; die Mondphasen verursachen keine Strömung, obwohl sie die Gezeitenbewegung beeinflussen mögen.

4. Dauernde Strömungen gibt es nicht in seichtem Wasser, aber starke Strömungen können in seichtem Wasser dann auftreten, wenn bestimmte Einflüsse einen starken Strom zeitweilig zu einer Veränderung seines Bettes zwingen, so daß er der Richtung des geringsten Widerstandes folgen muß.

5. Eine Strömung hat größere Kraft und Stärke an der dem Lande abgewendeten Seite, weil sie an dieser Stelle weniger durch Reibung verzögert wird, während sie sich an der Landseite, wo die Reibung größer ist, außerdem auch noch auszubreiten hat, um den Biegungen der Küste folgen zu können.

Physikalischer Charakter des Golfbeckens. Der Golf von Mexiko besteht aus einer ungeheuern, von Land eingeschlossenen Wassermenge mit zwei verhältnismäßig schmalen Öffnungen, dem Kanale von Yukatan und der Floridastraße. Das Wasser ist im Yukatankanale sehr tief, 1200 Faden (2195 *m*) in der Mitte; die 1000 Faden- (1829 *m*-) Linie ist sehr nahe bei der 100 Faden- (183 *m*-) Linie und folgt ihr dicht auf dem Fuße, so daß gewissermaßen unter Wasser eine Mauer aufgerichtet ist, die dem Laufe der Strömung die Richtung gibt. Dagegen läuft in der Floridastraße die 1000 Fadenlinie quer über die Straße, und die Tiefe nimmt sehr schnell von 1000 Faden (1829 *m*) in der Nähe von Havanna bis auf 400 Faden (732 *m*) nahe bei den Foweyfelsen ab. Die Mitte des Golfes ist ein tiefes, großes Becken, über 2000 Faden (3657 *m*) tief, angefüllt mit sehr kaltem Wasser. Dieses tiefe Becken bedeckt einen großen Teil der ganzen Fläche des Golfes, und die Tiefenänderungen liegen immer nahe beim Ufer.

Gezeiten. Es gibt keine Gezeiten in dem Golfe von Mexiko, aber es machen sich Gezeiteneinflüsse infolge physikalischer Bedingungen bemerkbar; das Einströmen des Wassers in den Golf geschieht durch den Kanal von Yukatan, und die Ebbe geht durch die Floridastraße. Die so gebildeten Strömungen sind andauernd und verfolgen immer einen bestimmten Kurs; Gegenwinde können die Strömung an der Oberfläche verzögern oder ablenken, Mitwinde können sie verstärken; diese Kräfte in ihrer Einwirkung auf die Strömungen in dieser von Land eingeschlossenen Wassermasse verursachen Änderungen in der Höhe des Wasserspiegels in verschiedenen Teilen des Golfes, die irrtümlich für Gezeiten gehalten werden. Dies sind aber keine Gezeiten in irgend einem Sinne, den dies Wort haben könnte, sondern es zeigt nur die Abhängigkeit des Wassers

an der Oberfläche von Naturgesetzen, während die stetige Bewegung der großen Wassermasse der Strömung ununterbrochen vor sich geht.

Die Richtung der Strömung. Die Hauptströmung im Golfe von Mexiko ist ein besonderer Teil des Golfstromes und kommt von der Äquatorialströmung her, die durch das Karaibische Meer fließt. Diese warme Strömung erreicht den Kanal von Yukatan mit ihrer vollen Kraft und einer Temperatur von rund 27°, d. i. wie sie am Äquator sich findet. Nach dem Durchgange durch den Kanal teilt sie sich in drei Teile, in den Hauptast des Stromes und in den Nordwest- und in den Ostzweig. Der Hauptast folgt der 200 *m*-Linie längs der Campechebank und wendet sich westwärts, mit größerer Geschwindigkeit da, wo die Tieflinien einen steilen Abfall zeigen; er zieht mit einer leichtgeschwungenen Kurve an der mexikanischen Küste hin bis zur Zerezspitze, wo er nach Nordosten abgelenkt wird und diese Richtung beibehält, bis er auf der Höhe des South Pass anlangt. Hier biegt der Hauptast bald nach Südosten um und folgt wieder den Tiefenlinien bis zu einem Abstande von etwas weniger als 60 Meilen von den Dry Tortugas, wo er scharf nach Südwesten umbiegt und dann nach Osten in die Floridastraße hineingeht.

Gehen wir zurück zum Kanale von Yukatan, so verläßt der nordwestliche Zweig den Hauptast an der nordöstlichen Ecke der Campechebank und bewegt sich nach Nordwesten, indem er sich südwestlich vom Mississippidelta wieder mit dem Hauptaste vereinigt.

Der östliche Zweig wendet sich vom Kanale von Yukatan nach Osten, indem er den eigentümlichen Tiefenlinien folgt, wo diese von 1000 Faden (1829 *m*) auf 600 Faden (1097 *m*) und 400 Faden (732 *m*) schornsteinartig verjüngt ansteigen bis querab von Fowey, wo er sich mit dem Hauptaste der Strömung vereinigt.

Dann gibt es noch zwei Gegenströmungen innerhalb des Gebietes des Golfes, die entschieden andauernder Art sind. Die erste, mit der Bezeichnung kubanische Gegenströmung, hat ihren Ursprung im Bahamakanale und stammt aus dem Teile der großen Äquatorialströmung, die bei den Windwardinseln vorbeifließt und dann in westlicher Richtung im Norden von der Insel Kuba vorbeigeht. Wenn diese Strömung die Cay Salbank erreicht hat, wo sie einen Arm durch den Santarenkanal abgibt, um sich mit dem Golfstrome zu vereinigen, geht sie weiter durch den Nicolaskanal, indem sie sich vor Havanna dicht an der Küste hält, biegt um das Kap San Antonio herum nach Südosten innerhalb des Golfstromes und geht weiter in der Richtung nach Jamaika, wo sie nach Süden abbiegt in der Richtung auf Colon hin und sich mit der Hauptströmung vereinigt.

Die zweite westliche Gegenströmung beginnt in der Nähe von Pensacola, geht von dem Eingange der Bucht von Mobile vorbei, wo sie durch das Wasser der in den Golf mündenden Flüsse verstärkt wird, das ausnahmslos die Richtung nach Westen annimmt. Diese

Gegenströmung geht dicht unter Land am Delta des Mississippi vorbei, zwischen dem Feuerschiffe und den South Pass-Wellenbrechern; sie geht von hier weiter nach Westen innerhalb der 100 Fadenlinie und macht ihren Einfluß über die ganze Bucht bis nach Galveston geltend, wo sie sich nach Süden wendet und dicht unter Land hält bis zur Zerezspitze. Hier macht sie einen scharfen Bogen, vereinigt sich mit dem Hauptaste des Golfstromes und vermindert seine Temperatur um etwa 3°.

Einfluß des Windes auf die Strömungen. Ein Südostwind im Yukatankanale beschleunigt die Geschwindigkeit des Stromes auf seinem ganzen Wege durch den Golf und besonders den östlichen Zweig und schwächt den Einfluß des kubanischen Gegenstromes an der Oberfläche ab.

Ein Nordostwind an der Ostküste von Florida, der gewöhnlich auftritt, wenn ein Sturm an der Küste hinaufzieht, verlangsamt den Strom im Verhältnisse zur Windstärke. Sein Einfluß wird zunächst bei Jupiter Inlet bemerkt, wo die Bewegung des Stromes an der Oberfläche infolge dieser Ursache bisweilen ganz aufhört. Der Floridagegenstrom fließt dann stärker; der Teil des Hauptastes zwischen South Pass und Tortugas verlegt sich näher an die Küste von Florida heran; der nordwestliche Zweig wird stärker und viel weiter östlich verspürt; der östliche Zweig zeigt bei Havanna fast Stillstand, und an der Westküste Floridas ist der Wasserspiegel bisweilen einen ganzen Faden (1.8 *m*) niedriger als das mittlere Niedrigwasser. Dieses Zurückhalten des Stromes ist das Ergebnis eines mechanischen Druckes auf das Wasser bei den Foweyfelsen, und eine Gezeiteneinwirkung wird sofort an der Alabama- und Mississippiküste bemerkt und sogar im Pontchartrainsee.

Während eines Norders, dessen Wirkungen gewöhnlich auf den westlichen Teil des Golfes beschränkt sind, wird der Hauptast, der gewöhnlich die Campechebank umfließt, von seinem Wege abgelenkt; er fließt dann — auch nach Westen, wie sonst — aber über die Bank zwischen Alacran und Progreso mit einer Geschwindigkeit von 1.5 Seemeilen in der Stunde und geht dann die mexikanische Küste entlang, aber nun ganz dicht am Ufer entlang. Sobald der Druck des Norders aufhört, geht der Strom zu seinem eigentlichen Bette um die Campechebank zurück, und dann besteht kein Strom mehr zwischen Progreso und Alacran, während die Temperatur des Wassers auf der Bank um etwa 6° fällt.

Die westliche Gegenströmung wird merklich nur durch einen Südostwind beeinflußt, der in dem Teile des Golfes in der Nähe von Galveston einen Wirbel hervorruft; unter dieser Bedingung läuft die Strömung nahe bei der Healdbank gerade in den Wind auf und ist ganz stark.

Mittelsee. Es gibt zwei kleine Flächen, die Westsee und Mittelsee (erstere in 93° L. und 24° nördl. Br., letztere in 86½° L.

$25\frac{1}{2}$ ° nördl. Br.). In der Westsee gibt es keine merkliche Strömung, und Schiffe innerhalb dieses Bezirkes beobachten nur die durch den Wind verursachte Abdrift. Das Wasser ist im allgemeinen hier kälter als in irgend einem andern Teile des Golfes. — In der Mittelsee herrschen zu gewissen Zeiten sehr eigentümliche Verhältnisse; es gibt innerhalb ihrer Grenzen nicht eine Spur von Strömung; der südöstliche Teil des Hauptstromes im Osten und die nordwestliche Zweigströmung im Westen, die so nahe in entgegengesetzten Richtungen vorbeigehen, verursachen eine Kreisbewegung, die aber sehr geringfügig ist. Im August ist diese Bedingung besonders ausgeprägt, und fast alle Treibgegenstände, die aus den Flüssen kommen, und alles andere, was im Golfe herumtreibt, arbeitet sich nach diesem Mittelsee hin und bleibt auch da, während das Wasser entfärbt, und seine Temperatur etwa 6° niedriger ist als außerhalb ihrer Grenzen; ein von der Besatzung verlassener Schuner blieb während des ganzen Januar 1906 in der Mittelsee. Stromkabbelungen werden häufig in oder nahe bei dem südlichen Teile dieser Gegend beobachtet, aber sie sind nur das Anzeichen des Zusammentreffens des südöstlichen Teiles des Hauptastes und des nordwestlichen Zweiges, die zeitweilig ganz nahe aneinander rücken.

Treibendes Öl. Ein ausgedehntes Feld treibenden Öles liegt in 27° nördl. Br., 91° bis 92° westl. L., das häufig erscheint, und zwar bisweilen monatelang hintereinander. Dies Öl steigt anscheinend vom Boden des Golfes auf und verbreitet sich über eine weite Fläche.

Einflüsse der Jahreszeiten auf die Strömungen. Die Richtung der Störmungen, wie oben angegeben, ist die normale Richtung, die der tatsächlichen Richtung der Strömungen in den Sommermonaten Juni, Juli und August entspricht, und der in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar. September, Oktober und November sind die Orkanmonate, und während dieser Monate weht der Wind in den Stürmen, die über den Golf oder in seiner Nähe vorbeiziehen, im allgemeinen aus östlicher Richtung. Die Oberflächenbewegung wird dadurch in der Weise so beeinflußt, daß der nordwestliche Zweig beinahe die Tortugas erreicht und gradenweges auf South Pass gerichtet ist, während der Hauptstrom in einem Bogen näher an die Westküste von Florida gedrängt wird. In den Frühlingsmonaten April und Mai macht sich der Einfluß des aus den Flüssen in den Golf eintretenden Wassers geltend: der westliche Gegenstrom wird stärker und vermindert bei seiner Vereinigung mit dem Hauptstrome die Temperatur des Hauptstromes sofort um etwa 3°. Wenn der Mississippi im April und Mai seinen Hochstand erreicht, strömt ein großer Teil des Flußwassers nach Südost ab von South Pass und tritt in den Hauptast des Stromes ein. Die treibende Kraft dieser Masse frischen Wassers wendet den Strom hier unmittelbar nach Südost und verstärkt seine

Masse und Geschwindigkeit. Während dieser Monate läuft die Südostströmung mit einer Geschwindigkeit von 1.5 bis zu 3 Seemeilen in der Stunde, aber sie ist sehr empfindlich gegen Windeinflüsse.

Flußmündungen. Es ist eine bemerkenswerte Tatsache, daß sich das Wasser von allen Flüssen, die in den Golf münden, in See nach rechts wendet, d. h. nach Westen bei Mobile und beim Delta, nach Süden an der mexikanischen Küste. Eine Folge davon ist, daß sich Sandbänke immer an der westlichen oder südlichen Seite der Flußmündungen bilden, während die entgegengesetzte Seite reines und tiefes Wasser hat. Schiffe sollten deshalb bei der Einfahrt in irgend einen Hafen der Küste immer nach der Ostseite der Einfahrt hinsteuern und das gefährliche Wasser an der Westseite meiden. Diese Regel gilt besonders für Mobile, South Pass, Galveston und Tampico.

Die Gezeiten in der Madura- und in der Soerabajastraße sind von Dr. D. F. Tollenaar erörtert worden.[1]) Die Gezeitenbewegung in der Straße Madura zeigt danach folgende Eigentümlichkeiten:

1. Eine sehr rasche Zunahme der Amplituden der Tide, die bei den halbtägigen Tiden bedeutend größer ist als bei den eintägigen.
2. Eine sehr rasche Fortpflanzung der Gezeiten.
3. Die Gezeitenströme nehmen an Stärke ab und zeigen in der Umgebung von Zwantjesdroogte den Charakter von sogenannten Stauungsströmen, d. h. Strömen, bei denen der stärkste Strom bei mittlerm Wasserstande, Nullstrom ungefähr zu Hochwasser- und Niedrigwasserzeit stattfindet.

Als hauptsächlichste Ursache für dieses Verhalten wird der Umstand angeführt, daß die aus dem Osten sich fortpflanzende Gezeitenbewegung auf dem Javawalle zwischen Pasoeroean und Soerabaja nahezu total reflektiert wird. Wäre die Straße daselbst ganz offen und unverändert in Tiefe und Breite durchlaufend, so würde man eine gewöhnliche Fortpflanzung haben: gleichbleibende Amplituden von Tide und Strom, normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit, stärkster Strom bei Hoch- und Niedrigwasser. Wäre dagegen die Straße daselbst ganz geschlossen, so würde man eine totale Reflexion der Gezeitenwellen erhalten, somit eine stehende Welle: größte Amplitude der Gezeiten und Ströme = Null am geschlossenen Ende, gleichzeitiger Hoch- und Niedrigwasserstand durch die ganze Straße, somit unendlich große Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Ströme, die genau mit mittlerm Niveau am größten und bei Hoch- und Niedrigwasser Null wären. In Wirklichkeit ist aber die Straße nicht ganz geschlossen, und man kann somit ein Verhalten zwischen den beiden genannten Fällen erwarten, was mit der Wirklichkeit übereinstimmt.

---

[1]) De ingenieur 1906. Nr. 46, 1907 Nr. 12. Ref. in Annalen d. Hydrographie 1907. p. 296.

Die mathematische Behandlung folgt dann, bezüglich deren auf das Original verwiesen wird.

Die ozeanographischen Verhältnisse in der Umgebung Spitzbergens sind gelegentlich der schwedischen Polarexpedition unter A. G. Nathorst (1898) untersucht worden. A. Hamberg hat jetzt über die hydrographischen Arbeiten dieser Expedition berichtet,[1]) und Dr. W. Brennecke die Hauptergebnisse kritisch zusammengestellt.[2]) Hiernach bestand eine der Hauptaufgaben in hydrographischer Beziehung in der Nachlotung der von der schwedischen Polarexpedition unter Nordenskiöld (1868) aufgefundenen sogenannten Schwedischen Tiefe in 78° 26′ nördl. Br. und 2° 17′ westl. L., welche 4720 *m* betragen sollte. Die Lotungen der Nathorstschen Expedition ergaben eine Tiefe von 2690 *m* in 78° 13′ nördl. Br., 2° 58′ westl. L. (20 *km* südwestlich der angegebenen Position). Da die Methodik des Lotens früher nicht so gut ausgebildet war, ist die Tiefe auf 2690 *m* reduziert worden, ob mit Recht, bleibt nach Brennecke noch fraglich, da die Positionen relativ weit auseinander liegen.

Die Ergebnisse der Beobachtungen über Temperatur und Salzgehalt der Meeresoberfläche hat Hamberg im Zusammenhange mit den gleichzeitigen Beobachtungen einiger norwegischer Eismeerfahrer in einer Karte niedergelegt, welche den Zustand der Grönlandsee und der spitzbergischen Gewässer im Sommer 1898 wiedergibt. Die Karte beruht durch die hinzugezogenen Beobachtungen der Eismeerfahrer auf einem reichhaltigern Materiale wie die frühern von Tornöe, Pettersson und Nansen und zeigt interessante Einzelheiten. Zu diesen gehört in erster Linie das Auftreten von Wasser mit relativ hohem Salzgehalte an der Nordwestecke Spitzbergens, einem etwas mit Polarwasser gemischten Golfstromwasser von 34.5‰. Dieses setzt sich entlang der Nordküste Westspitzbergens bis Nordostland fort und erfüllt auch die zwischen beiden liegende Hinloopenstraße, ist aber von dem an der Westküste Spitzbergens nach Norden gehenden Golfstromarme durch Wasser von 33 bis 34‰ Salzgehalt und niederer Temperatur getrennt.

Der Golfstrom ist ungefähr auf $78^1/_2$° nördl. Br. unter polares, von Nordwesten andringendes Wasser untergetaucht, um im Westen der Amsterdaminsel wieder an die Oberfläche zu kommen, allerdings durch den Prozeß etwas verdünnt und kälter. Diesem Vordringen des Polarstromes nach Südosten entspricht ein energisches Vordringen des Golfstromarmes nach Westen in etwa 78° nördl. Br. Wir sehen hier die Erscheinungen des Kampfes zwischen Golf- und Polarstrom; ersterer dringt von Süden nach Norden, wird stetig eingeengt und an seinen Grenzen vermischt durch das andrängende Polarwasser, bis

[1]) Kungl. Sv. Vet. Akademiens Handlingar **41**. Nr. I. 1906.
[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. p. 371, woraus oben der Text.

er schließlich zum Teile untertaucht, zum Teile nach Westen seine Wassermassen, wenn auch etwas vermischt, vorschiebt, indessen der untertauchte Teil von polarem Wasser überflutet wird. Der nach Westen vorgeschobene Arm wird bei seinem Vordringen hakenförmig nach Süden gekrümmt, ein Beweis für die stärkere Intensität der Polarströmung bei Annäherung an die grönländische Küste. Daß diese Verhältnisse, im Sommer wenigstens, eine gewisse Permanenz besitzen, beweisen die frühern Beobachtungen von Tornöe und Arrhenius.

Im übrigen zeigt die Karte Hambergs den an der Ostküste Spitzbergens nach Süden setzenden Polarstrom, der bei Hopeneiland in zwei Arme getrennt wird, sowie die in die Barentssee vordringende Murmannströmung, deren Teilung in vier Arme allerdings nicht beobachtet wurde.

Etwa 20 Serienbeobachtungen, welche in gut getroffener Auswahl meist die Küsten Spitzbergens umgeben, geben ein Bild von den Strömungsverhältnissen der tiefern Schichten des Wassers. Die zwischen Nordkap und Bäreninsel gelegten Stationen zeigen, daß die Murmannströmung in ihrer ganzen Tiefe (400 *m*) von atlantischem Wasser eingenommen wird. Die Expedition kreuzte zweimal — im Juni und September — diesen Meeresteil, so daß vergleichende Beobachtungen erzielt werden konnten. Aus diesen ergab sich eine gesteigerte Intensität der gesamten Strömung im September, indem fast überall eine Zunahme der Temperatur und des Salzgehaltes eingetreten war; bemerkenswert ist besonders, daß auch die 300 bis 400 *m*-Schicht deutlich diese Zunahme ausdrückt. Diese periodisch gesteigerte Intensität des Golfstromes im Herbste ist für das südlicher liegende Gebiet (Faröer—Island) schon durch die dänischen Beobachtungen nachgewiesen;[1]) für die Murmannströmung ist sie auch von Knipowitsch diskutiert worden.[2])

Die Strömungen an der Ostküste Spitzbergens zeigen in ihrer gesamten Masse Wasser polaren Ursprunges; südlich von Spitzbergen ist dieses nur auf den Küstenbänken vorhanden, während die Tiefen nördlich der Murmannströmung deutlich Mischwasser aufweisen. Der um das Südkap Spitzbergens setzende Polarstromzweig liegt hier neben dem nach Norden setzenden Golfstromarme; bei einer am Rande des Küstenschelfs liegenden Station wurde bis 20 *m* Tiefe polares Wasser, in 50 *m* Mischwasser und darunter reines Golfstromwasser angetroffen. Die in dem westspitzbergischen Golfstromarme liegenden Stationen ergeben bis zur Tiefe von 600 bis 700 *m* warmes, atlantisches Wasser, darunter Wasser mit negativen Temperaturen, aber nur wenig verringertem Salzgehalte.

---

[1]) Knudsen, Contribution to the Hydrogr. of the North Atl. Ocean in „Med. Kom. for Havundersog". 1. Kopenhagen 1905.

[2]) Knipowitsch, Hydrolog. Untersuchungen im Europ. Eismeere. „Ann. der Hydrographie usw." 1905. p. 193 ff.

Wie oben erwähnt, wird dieser Arm zeitweilig unterdrückt von polarem Wasser, taucht aber an der Nordwestecke Spitzbergens wieder an die Oberfläche und erweist sich auch in seiner ganzen Masse als warmer, atlantischer Stromzweig mit einer Temperatur von 5.2° und Salzgehalt von 35.17‰ in 45 *m* Tiefe. Die weitere Fortsetzung dieses Stromzweiges wurde noch in 81° 14′ nördl. Br. zwischen Treibeisfeldern gefunden; an der Oberfläche 0.1° und 32.55‰ Salzgehalt, in 50 *m* Tiefe 3.1° und 34.81‰.

Inseln.

Eine Schlamminsel hat sich in der Bai von Bengalen vor der Küste von Arakan, nordwestlich von der Chedubainsel gebildet. Ihre größte Ausdehnung — Südsüdwest-Nordnordost — beträgt 280 *m*, die größte Breite — Nordwest-Südost — 198 *m*, und der höchste Punkt liegt 5.8 *m* über dem Flutstande. Sie besteht ganz aus Schlamm mit einigen Gesteinen verschiedener Art, Lava ist nicht vorhanden. Entstanden ist sie am 15. Dezember 1906. Damals waren Arbeiter der Verwaltung von Burma auf der 7 *km* entfernten Beaconinsel beschäftigt. Sie hörten lautes Getöse und ein sausendes Geräusch und sahen, daß das Meer gegen Nordwesten sehr aufgeregt war; schließlich sahen sie eine Landmasse über dem Wasser erscheinen. Diese verschwand nach ihrer Angabe zweimal und erschien wieder; doch war das offenbar eine optische Täuschung, veranlaßt durch die Flutwelle infolge der großen Wasserverschiebung. Jene Flutwelle stieg mehrere Fuß über die normale Fläche und dürfte fast über die ganze Insel gegangen sein. Am 20. Dezember besuchte der Hafenoffizier von Akyab die Insel und fand sie noch sehr weich und heiß, doch nicht mehr tätig. Am 30. Dezember erhielt das Kriegsschiff „Investigator" der indischen Marine Survey den Auftrag, die Neubildung zu untersuchen, ihre Lage zu ermitteln und festzustellen, ob die Verhältnisse des Meeresbodens eine Störung erlitten hätten. Am folgenden Tage landeten einige Offiziere des „Investigator", deren einer, der Leutnant E. J. Headlam, das Ergebnis im April des „Geograph. Journ." mitgeteilt hat. Danach zeigte die Insel, der man sich von Osten her näherte, ein langes niedriges Profil von graubrauner Farbe mit einer kleinen Erhöhung am südlichen Ende. Rauch oder ein anderes Zeichen der Tätigkeit wurde nicht beobachtet. Bodenstörungen am Meeresgrunde fanden sich nicht, erst bei einer Entfernung von einer halben Seemeile wurde das Wasser allmählich flacher. Beim Landen fand man die Kruste ganz hart und kalt, nur ganz nahe dem Ufer war der Schlamm stellenweise noch so weich, daß die Besucher bis über die Knie einsanken. Die ganze Insel war, abgesehen von einer kleinen Menge von Steinen und Sand, aus graubraunem, lehmartigem Schlamme gebildet und hatte eine sehr rauhe

Oberfläche, veranlaßt durch die Schnelligkeit, mit der der kochende Schlamm mit dem Gelangen an die Luft und dem Aufhören der Eruption erkaltet war. Eine kettenartige Bildung mit kleinen Ausläufern nach jeder Seite durchzieht die Insel in nordöstlicher Richtung. Am Nordende war noch Tätigkeit zu bemerken: einige kleine Krater von 0.3 bis 1 *m* Durchmesser schieden kleine Mengen Schlammes mit geringer Heftigkeit aus, so daß der Gesamtausfluß während eines Tages nicht 2 *t* überschritten haben dürfte. Sonst war die Insel kalt, sie zeigte an der Oberfläche die Lufttemperatur (30°). Unter der Oberfläche fand sich die größte Wärme auf der erwähnten höchsten Stelle, wahrscheinlich dem ehemaligen Hauptkrater. Das Ergebnis verschiedener Messungen ergab 0.6 *m* unter der Oberfläche eine Mitteltemperatur von 35.5°, in 0.1 *m* Tiefe von 40°, während auf der Spitze, 0.3 *m* unter der Oberfläche 40°, 6.6 *m* unter der Oberfläche 42.2, in 0.9 *m* Tiefe 58.9° und in 1.05 *m* Tiefe 64.4° beobachtet wurden. Die ganze Insel gab einen starken Schwefelgeruch von sich, der an den für die Temperaturmessungen gegebenen Löchern fast erstickend war. In den 14 Tagen, die seit der Geburt der Insel verflossen waren, hatte sich bereits eine Menge Treibholz am Ufer angesammelt. Interessant war ferner, daß schon 15 Arten von Pflanzensamen angeschwemmt, angeweht oder von Vögeln eingeschleppt worden waren. Vögel hatten nämlich auch bereits begonnen, die Insel als Ruheplatz sich zunutze zu machen. Darauf deuteten Fischgräten und -reste und ein großer Fischadler hin, der während des Besuches über der Insel kreiste. Unter den Gesteinen fanden sich u. a. kleine Stücke von Granit und Sandstein. Ob die neue Insel bestehen bleibt, läßt sich noch nicht sagen. Man darf nicht vergessen, daß sie fast ganz aus Schlamm besteht, kaum 6 *m* über das Meer hinausragt und der ganzen Gewalt des Südwestmonsuns ausgesetzt ist. Headlam glaubt, sie wird hinweggewaschen und nur als Untiefe übrig bleiben, wenn nicht inzwischen, wo schönes Wetter geherrscht hat, genug Treibholz, Sand und Geröll einen festen Strand geschaffen und Gras und Strauchwerk in Verbindung mit dem sich erhärtenden Lehme des Innern das Ganze so gefestigt haben, daß die Gewalt der Wellen und die Monsunregen der Insel nichts mehr anhaben können. Ein Blick auf jenen Küstenteil von Burma scheint zu lehren, daß die Insel zu der Kette der Schlammvulkane gehört, die an der Ostseite der Chedubainsel und auf den Inseln unmittelbar südwärts — von denen einige mehrere hundert Fuß hoch und gelegentlich tätig sind — auftreten; fährt man anderseits diese Kette etwa 80 *km* weiter nordwärts, so kommt man zu einem zweiten Schlammvulkane, der am Nordende des östlichen Teiles von Borongo liegt und noch tätig ist, obwohl er über die Meeresoberfläche nicht emporragt.

Die Comoren. Auf Grund seiner eigenen Erkundigungen an Ort und Stelle schilderte Prof. Dr. A. Voeltzkow in der Sencken-

bergischen naturf. Gesellsch. zu Frankfurt die nordwestlich von Madagaskar gelegene Gruppe der Comoreninseln, die unter französischem Protektorat stehen. Die bedeutendste Insel, Groß-Comoro, umfaßt etwa 1000 *qkm* und ist wie die übrigen Inseln vulkanischen Ursprunges. Der heute noch tätige Vulkan, der Karthala, erhebt sich bis zu 2500 *m* Höhe. Trotz reichlicher Niederschläge und üppiger Bewaldung der Bergabhänge ist die Insel sehr wasserarm, weil der Regen in dem vulkanischen, porösen Boden rasch verschwindet. Die Insel besitzt keinen einzigen Fluß oder Bach; nur hoch im Gebirge findet man ein paar, das ganze Jahr über nie versiegende schwache Quellen. Die Küstenbewohner benutzen das brackige Wasser, das sich während der Flut in brunnenartigen Vertiefungen der Lavafelsen ansammelt, und behelfen sich für Trinkzwecke mit der Milch der unreifen Kokosnüsse. Im Innern der Insel hat man, um Trinkwasser zu gewinnen, ganz eigenartige Zisternen erfunden, indem man die Affenbrotbäume bis auf die Rindenpartie aushöhlt und das Regenwasser durch künstliche Rinnen am Stamme dorthin leitet. Natürlich sammeln sich in diesem Wasser auch viele Tiere, besonders Moskitolarven.

Auf der Nordhälfte der Insel, deren vulkanische Tätigkeit erloschen ist, befindet sich ein Kratersee mit salzigem Wasser, das als Heilmittel dient. Die Ostküste ist ohne Hafen und besteht aus schroffen, schwarzen Lavawänden. Auf der Westküste liegt der Haupthafen M'Roni, den Voeltzkow als Standquartier für seine wissenschaftliche Durchforschung der Insel wählte. Die Städte auf Groß-Comoro bieten im allgemeinen dasselbe Bild. Niedrige, aus Lavablöcken erbaute, einstöckige Häuser schließen sich zu schmalen Straßen zusammen und werden von einer hohen, mit Warttürmen verstärkten Mauer umgeben. Daran schließen sich nach außen oft noch dorfartige Ansiedlungen, überschattet von Mangobäumen und Kokospalmen und versteckt in den Bananenhainen.

Die Bevölkerung, die eine Abart des Kisuaheli spricht, ist eine recht gemischte, läßt aber doch drei Haupttypen unterscheiden. Die erste Besiedlung geschah wohl durch die Araber, und mit ihnen kamen Schwarze von der Küste Ostafrikas. Um 1500 erschienen dann Schirazier vom Persischen Meere, die noch heute die herrschende Rasse bilden. Ihnen folgten später Madagassen und Einwanderer vom afrikanischen Festlande, die sich untereinander vermischten. Ihrem Bekenntnis nach Mohammedaner, kleiden sich die Vornehmen arabisch, das Volk dagegen wie überall in Ostafrika.

Zum Studium des hohen Vulkans, des Karthala, verlegte Prof. Voeltzkow seinen Wohnsitz für zwei Wochen an den obern Rand des die Abhänge des Kegels in einer breiten Zone umziehenden Urwaldes, in eine Höhe von 1800 *m* und besuchte von dort aus mehrfach den Vulkan selbst.

Die wirtschaftliche Ausnützung der Insel liegt in Händen einer französischen Gesellschaft. 1887 wurde sie von dem französischen

Naturforscher Humblot ins Leben gerufen und beschäftigt zurzeit 1200 farbige Arbeiter. Sie unterstützte auch die wissenschaftlichen Arbeiten des Vortragenden in bereitwilligster Weise. Kakao gedeiht vortrefflich, doch verursachten die Ratten enormen Schaden, der auf 50000 Franks jährlich geschätzt wird. Kaffee steht ebenfalls gut; dagegen wird die weniger gewinnbringende Gewürznelke gegenwärtig durch Vanille ersetzt. Leider ist das Insekt, das die Befruchtung der Vanilleblüten in der Heimat bewirkt, hier nicht lebensfähig. Es muß daher die Befruchtung künstlich durch Arbeiter vorgenommen werden. Natürlich ist dieses Verfahren nicht ganz zuverlässig, so daß nur etwa 60% der Blüten zur Schotenbildung kommen und etwa 800 befruchtete Blüten erst 1 *kg* präparierter Vanille ergeben. Trotzdem wurden 1902 schon etwa 4000 *kg* Vanille geerntet.

Auf dem vulkanischen Boden gedeihen selbst in 1800 *m* Meereshöhe alle Gemüse noch vortrefflich, besonders Kartoffeln. Im Norden der Insel werden auf Weideflächen Rinder gezüchtet.

Quellen und Höhlen.

Das Geisergebiet auf Island ist von Prof. Herrmann besucht und beschrieben worden.[1]) „Es besteht," schildert er, „aus einer Reihe von Thermen, etwa 100 an der Zahl, am südöstlichen Abhange des kahlen Laugafjall; es ist etwa $^1/_2$ *km* lang und $^1/_4$ *km* breit. Aber nur zwei von den heißen Quellen, der „Große Geiser" und der Litli Geiser = „Kleine Geiser" (auch Otherrishóla „Regenwetterloch" genannt, weil sein Springen nasses Wetter anzeigen soll) sind das, was man unter einem Geiser versteht. Geiser ist der „Hervorstürzende, stark Sprudelnde", und der Stamm ist auch im Deutschen bekannt; die uralte Donarseiche in Hessen, die Bonifazius fällte, stand an einem heiligen Opferquelle, Geismar (gisan und mari, also: Sprudelquell). Nach dem Geiser auf Island sind auch die periodisch emporspringenden heißen Quellen in andern Ländern benannt, z. B. beim Yellowstone River (Nationalpark) in Nordamerika und auf Neuseeland. Zwischen dem großen und kleinen Geiser liegen in der Richtung von Nord nach Süd die Quellen: Stjarna im östlichen Abflusse der Blesiquelle, Blesi selbst und Fata, westlich davon der Konungshver, und noch weiter westlich Astarauga (Auge der Liebe); südöstlich von Fata Strokkur und 120 Schritte davon entfernt Otherrishóla; abermals südlich hinter mehrern Schlammquellen der kleine Strokkur, dann eine Sammlung von verschiedenen Becken mit kochendem, siedendem oder wallendem Wasser, Thykkuhverir, darunter die südlichste Quelle Sí-sjóthandi (immer kochend) und die östlichste Gunnhildarhver.

---

[1]) Island in Vergangenheit und Gegenwart 2. Leipzig, 1907.

Die heißen Quellen sind in fortwährender Veränderung begriffen; an der einen Stelle hört eine auf, an einer ganz andern kommt plötzlich eine neue zum Vorscheine. Der Konungshver z. B. (Königsspringquell), der 2 bis 3 Fuß hoch springt, entstand in einem alten erloschenen Krater neben dem Denksteine, den man zur Erinnerung an den Besuch König Christian IX. errichtet hat. Der große Geiser hat jetzt sehr unregelmäßig Eruptionen. Während er früher alle 4 bis 5 Tage sprang, vergehen jetzt oft 20 Tage zwischen zwei Eruptionen. Blesi besteht aus zwei großen Becken, die dicht aneinander stoßen, ihre Temperatur betrug 92°; das Wasser wird zum Kochen des Kaffees und der Suppe benutzt. Sie hat ihren Namen „Blesse", womit wir den weißen Streifen auf der Stirne eines Pferdes bezeichnen, wohl von der Sinterbrücke, die die beiden brillenförmigen Becken verbindet. Ihr Wasser ist wunderbar durchsichtig, feenhaft blaugrün und reicht in den rotgelben Becken bis zum Rande, nur ein leichtes, zartes Kräuseln belebt die Oberfläche. Vor dem Erdbeben 1789 hatte der Blesi Ausbrüche, bei denen das Wasser 30 bis 40 Fuß hoch in die Luft geworfen wurde. Fata (Eimer) ist eine kleine Quelle, zuweilen fällt das Wasser so tief, daß man es nicht mehr sehen kann. Der Strokkur (Butterfaß, nach der butterfaßähnlichen Gestalt der Quellenöffnung benannt) ist bei einem Erdbeben 1784 entstanden und war früher so artig, auf Kommando zu springen: man warf ihm eine gehörige Menge Rasenstücke in den Rachen, und sofort hob sich eine gerade oder kegelförmige Wassersäule etwa 40 *m* hoch in die Luft. Seit dem Erdbeben aber vom Jahre 1896 hat der Strokkur seine Tätigkeit völlig eingestellt. Sein Wasser ist nur lauwarm, schwarz und schmutzig und wallt nur wenig. Der Litli-Geiser aber (Otherrishóla) ist ein liebenswürdigerer Geselle; füttert man ihn mit Rasen, so steigt er unfehlbar nach einigen Minuten 2 bis 3 *m* in die Höhe und springt wohl eine Stunde lang. Er hat nur einen kleinen, flachen Sinterkegel und zwei kleine, ovale, tiefe Höhlen, die von rotem Tone umgeben sind. Ich habe ihn um so dankbarer in meiner Erinnerung, als er im ganzen viermal gesprungen ist, und zwar freiwillig, nicht bloß der Not gehorchend, indem wir seinen Quellschacht verstopften; der große Geiser aber trotzte beharrlich."

Die Entstehung heißer Mineralquellen. Nach Gautier wird das Wasser der heißen Quellen als solches von Eruptivgesteinen aus großen Tiefen durch eine Art Destillation hervorgebracht. Die Bildung heißer Quellen ist nichts als ein Ausdruck einer vulkanischen Tätigkeit in der Periode der Abnahme. Die vulkanischen Erscheinungen entstehen durch Herabsinken großer Stücke Erdkruste in das flüssige Magma des Erdinnern. Gautier hat nun experimentelle Belege hierfür erbracht. Er erhitzte Pulver von Graniten, Porphyren, Trachyten, Gneisen, Gabbros usw. im Vakuum, dabei entweichen große Mengen Wasser und Gase, vornehmlich Kohlensäure und

Wasserstoff. Treibt man bei 200° alle Feuchtigkeit aus, so entweicht bei Rotglut das 3- bis 18fache Volumen an Gasen, die eine gleiche Zusammensetzung wie die von Vulkanen ausgestoßenen Gase besitzen. Es wird berechnet, daß, wenn 1 *ckm* Granit (welcher die geringste Wassermenge unter den genannten Gesteinen abgibt) tiefer in das feurigflüssige Magma einsinkt, und seine Temperatur sich von 400° auf 500° erhöht, 25 bis 30 Millionen Tonnen Wasser entbunden werden, was einem Volumen von 43 Billionen Kubikmetern Dampf entspricht; daneben würden noch 28 Billionen Kubikmeter andere Gase entstehen. Hierdurch entwickelt sich ein Druck von 7000 Atmosphären. Da Lava bei 1100 bis 1200° aus den Vulkanen fließt, so muß sie aus Tiefen von 35000 bis 40000 *m* kommen; um eine solche Säule aus der Tiefe zu heben, sind 8000 Atmosphären erforderlich, was mit jenem vorher berechneten Drucke fast übereinstimmt. Wirkt auf die entgaste Gesteinsmasse von neuem Wasserdampf bei 500°, so bilden sich neue Gase: $3\,FeS + 4\,H_2O = Fe_3O_4 + 3\,H_2S + H_2$, ferner bei Rotglut $H_2S = H_2 + S$ und so fort. Auf ähnliche Weise läßt sich die Entstehung aller vulkanischen Produkte erklären ohne Zuhilfenahme einer Sauerstoffeinwirkung. Auch Natriumchlorid spielt bei Vulkanen eine große Rolle. — Gautier weist noch auf die Übereinstimmung zwischen natürlichen Schwefelquellen und dem Schwefelwasser beim Erhitzen des Granites auf 300° hin.[1])

Den Ursprung der Gase in den Mineralquellen behandelte am 20. Juni 1907 in der Royal Society R. J. Strutt. Nach Lord Rayleigh, Dewar u. a. enthalten die Thermalquellen beträchtliche Gasmengen, die aus Stickstoff, Argon, Helium und Spuren von Neon bestehen, daneben findet sich noch Radiumemanation und im Niederschlage der Wässer Radium. Verfasser hat nach dem Ursprunge dieser Gase gesucht und ihn zuerst dem Vorhandensein von Uran auf dem von dem Wasser durchflossenen Wege zugeschrieben. Das Auftreten von Radium im gewöhnlichen Gesteine hat zu der Annahme geführt, daß die Gase durch Zersetzung und teilweise Lösung des Gesteines beim Durchfließen des heißen Wassers entstanden sind. Mit verschiedenen Gesteinsarten wurden nun Versuche angestellt, und zwar mit Granit, Syenit, Augitsyenit, Grünstein, Olivin und Rotsandstein. Das gepulverte Gestein wurde in einem eisernen Rohre erhitzt und die Gase mit einer Quecksilberluftpumpe extrahiert, mit Sauerstoff gemischt und verbrannt zwecks Oxydation des Wasserstoffes und der Kohlensäure; nach Waschen mit Ätzkali wurden dann die inerten Gase gemessen, der Stickstoff durch Funkenbehandlung entfernt, worauf eine weitere Trennung der Gase nach Dewar mit gekühlter Holzkohle erfolgte. Beim Messen der Menge an

---

[1]) Eng. and Min. Journ. 1906. **82**. p. 869 durch Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 1.

Stickstoff, Argon und Helium ergab sich, daß diese recht genau den Mengenverhältnissen dieser Gase in den Mineralquellen entsprachen. Spuren von Neon wurden stets gefunden. Die Untersuchungsmethoden werden verbessert und die Versuche fortgesetzt.[1])

Schwefelsäurehaltige heiße Quellen, die ihren Thermalcharakter menschlicher Bautätigkeit verdanken. Hierüber macht Dr. Wagner (Bad Salzbrunn) folgende Mitteilungen[2]):

Im Zentrum des niederschlesischen Kohlengebietes liegt der Ort Dittersbach, welcher einen sehr bedeutenden Rangierbahnhof besitzt. Dieser befindet sich am Fuße des sogenannten Kolbeberges, eines etwa 635 *m* hohen Hügels. Die auf dessen Nordseite entspringenden Quellen durchdringen teils in Rohrleitungen, teils auf selbstgesuchten Wegen den Bahndamm und versorgen eine Anzahl der tiefergelegenen Teile mit Wasser. Früher waren in den erwähnten Teichen Krebse und Fische gehalten worden, die sich damals durchaus normal entwickelten. Vor einigen Jahren wurde nun die Bahnhofsanlage erweitert, und der Bahndamm ganz bedeutend vergrößert, indem viele Tausende von Kubikmetern Haldenmaterial, welches von den nahegelegenen Bergwerken stammte, aufgeschüttet wurde. Seit dieser Zeit erfuhr das Wasser der tiefer gelegenen Teiche allmählich eine Verschlechterung, die sich im Erkranken und schließlichen Absterben der Wasserbewohner zeigte.

Diese Verschlechterung des Wassers wurde zuerst auf Verunreinigung durch Abwässer aus einer bei Vergrößerung des Bahnhofes angelegten Kläranlage zurückgeführt, eine genaue Untersuchung zeigte aber, daß die wahre Ursache der Verunreinigung eine ganz andere war.

Schöpfproben aus den fraglichen Teichen wiesen folgende Eigenschaften auf: Das Wasser ist klar, farblos, fast geruchlos und enthält eine geringe Menge suspendierter Flocken, Ammoniak minimale Spur, Chlor 0.0230 *g* in 1 *l*, salpetrige Säure unbedeutende Menge, Salpetersäure wenig, die Oxydierbarkeit war keine hohe = 0.0283 *g* $KMnO_4$.

Demnach wäre das fragliche Wasser als ein recht gutes Teichwasser anzusprechen gewesen. Die Prüfung der Reaktion ergab aber, daß das Wasser deutlich sauer war, ferner wurde ein Schwefelsäuregehalt von 0.2724 *g* SO_3 in 1 *l* festgestellt. Daß ein so hoher Gehalt an Schwefelsäure, die, nach der Reaktion zu urteilen, zum Teile als freie Schwefelsäure vorhanden war, geeignet ist, das Wohlbefinden der Wasserbewohner stark zu beeinträchtigen, liegt auf der Hand. Um zu ergründen, auf welchem Wege die Schwefelsäure in den Teich gelangt sei, wurde eine Probe aus dem kleinen Bache, welcher die Teiche speist, untersucht. Dieselbe zeigte: das Wasser ist fast klar, farblos, fast geruchlos. Reaktion stark sauer; Ammoniak geringe Menge, salpetrige Säure reichlich, Salpetersäure mäßig viel, Schwefelsäure 0.6114 *g* SO_3 in 1 *l*.

Der kleine Bach führte offenbar die Schwefelsäure den Teichen zu. Auf der Suche nach dem Ursprunge des Baches kam Verfasser schließlich bis zu dem eingangs erwähnten Bahndamme. Hier fand sich eine ganz eigentümliche Erscheinung. Am Fuße des Dammes entspringen, etwa 1000 *m* voneinander entfernt, zwei Quellen, die eine Temperatur von etwa 50 bis 60° besitzen und einen eigentümlichen Geruch aufweisen. Die Untersuchung des Wassers ergab folgendes:

Quelle 1. Fast farblos und klar; Reaktion stark sauer, Eisen sowohl als Oxydul wie als Oxyd reichlich vorhanden. Schwefelsäure 2.6585 *g* SO_3 in 1 *l*, davon 1.2105 *g* freie Schwefelsäure (= 1.483 *g* H_2SO_4).

Quelle 2. Fast farblos und klar, Reaktion stark sauer, Eisen wie oben,

[1]) Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 59.
[2]) Chemiker-Zeitung 1906. Nr. 96.

Schwefelsäure 2.3160 *g* in 1 *l*, davon 1.1034 *g* freie Schwefelsäure. Beide Quellen setzen im weitern Verlaufe große Mengen von Eisenocker ab.

Hier war also der Ursprung der Teichverunreinigung. Wie kam es aber, daß die Quellen heiß waren und einen so hohen Gehalt von Schwefelsäure, von dem fast die Hälfte freie Schwefelsäure war, besaßen? Eine nähere Untersuchung ließ bald die Lösung des Rätsels finden.

Wie eingangs erwähnt, waren bei Vergrößerung des Bahndammes am Rangierbahnhof Tausende, wenn nicht Millionen Kubikmeter Haldenmaterial aufgeschüttet worden. Die Halde besteht aus dem die Kohlenflötze begleitenden Gesteine. In diesem Gesteine (hier sogen. Kohlensandstein, Schieferton, Konglomerate) findet man vielfach eingesprengte dünne Blätter von Steinkohle, welche die höchst unangenehme Eigenschaft aufweisen, sich zuweilen von selbst zu entzünden. Außerdem enthält das Gestein häufig Schwefelkiese. Der Bahndamm, bzw. das Haldenmaterial ist nun in der Tat dort in Brand geraten und glimmt, von außen unsichtbar, langsam weiter. Wir haben also alles beisammen, was wir zur Schwefelsäurebildung brauchen. Schwefelkiese, welche durch das vorhandene Feuer geröstet werden, Wasser vom nahen Hügel, welches durch das gleiche Feuer in Dampf verwandelt wird, und Sauerstoff, welcher teils im Wasser gelöst zugeführt wird, teils wohl auch in Form von Luft die poröse Halde durchdringt. Das nach dem Abrösten zurückbleibende Eisenoxyd wirkt vielleicht als Kontaktsubstanz. Anderseits ist daran zu denken, daß die Schwefelkiese, die zum Teile schon jahrelang übertage lagen, bereits durch Oxydation durch den Luftsauerstoff in Ferrosulfat, bzw. basisches Ferrisulfat übergegangen sind. Daß der Prozeß nicht durchweg bis zur Schwefelsäure verläuft, sondern zum Teile bei der Bildung von Ferro- und Ferrisulfat stehen bleibt, ist ja nicht zu verwundern. Der geschilderte Vorgang hat offenbar die größte Ähnlichkeit mit der Schwefelsäurebildung, wie man sie in vulkanischen Gegenden findet. In Amerika hat man in der Nähe von Vulkanen Quellen, z. B. den Rio vinagre, gefunden, welche bis 0.1% Schwefelsäure enthalten. Denken wir uns in solchem Falle, daß das schwefelsäurehaltige Wasser bei Einsickern in die Erde auf eine Schicht von kohlensaurem Kalke trifft, der ja zuweilen ganze Gebirge bildet, so wird Kohlensäure frei werden. Dieselbe kann nun entweder als Gas wieder an die Erdoberfläche gelangen (Mofetten), oder sie kann von unterirdischen Wasseradern aufgenommen werden. In letzterm Falle wird sie Salze aus dem umgebenden Gesteine aufnehmen — das Lösungsvermögen des kohlensäuregesättigten Wassers zumal unter Druck ist ja selbst sehr festen Mineralien gegenüber ein sehr großes (z. B. wird der feste Gneis durch CO_2-haltiges Mineralwasser allmählich in Kaolin verwandelt) — und als Mineralquelle zutage treten. In ähnlicher Weise suchen neuere Theorien die Bildung unserer Mineralquellen zu erklären.

Die Radioaktivität der Mineralquellen ist von C. Engler und H. Sieveking untersucht worden.[1]) J. J. Thomson und seine Schüler, insbesondere H. J. Allen, haben gezeigt, daß fast alle aus größerer Erdtiefe stammenden Wasser, beispielsweise die Wasserleitung von Cambridge, die Quellen von Bath, radioaktive Emanation führen. Andere Beobachter fanden dies bestätigt, und mit einem Schlage schien die lange bekannte, aber nie vollständig aufgeklärte Heilkraft der Quellen in ein neues Licht gerückt. In rascher Folge erschienen Berichte über den Emanationsgehalt fast aller bekannten Quellen.

Die Untersuchungsmethoden und einige Resultate seien hier kurz wiedergegeben. Die im Wasser enthaltene Emanation wird

[1]) Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 66.

entweder durch Auskochen herausgetrieben oder durch Hindurchperlen von Luft, die in einer geschlossenen Leitung durch das Wasser, eine Trockenvorrichtung und die Untersuchungsglocke in der Elster und Geitelschen Form geht. Oder endlich man entfernt die Emanation aus dem Wasser durch Schütteln mit Luft in einer geräumigen geschlossenen Kanne. Hierbei hat man den Vorzug, daß die Luft gleich in dem zur Untersuchung bestimmten Raume sich mit der Emanation vereint.

Zu diesem Zwecke haben die beiden Forscher einen Apparat konstruiert, den sie als Fontaktoskop bezeichnen. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man in einem geschlossenen Behälter aus Metall eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Wassers mit Luft kräftig durchschüttelt, so daß die Emanation zum Teile aus dem Wasser in die Luft übergeht, und sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Luft und Emanation herstellt, worauf man durch Einsenken des Zerstreuungskörpers eines Elektroskops und Laden des letztern die Leitfähigkeit der Luft ermittelt. Letztere muß um so leitender sein, je mehr Emanation sie aufgenommen hat, d. h. je radioaktiver das Wasser ist.

Engler und Sieveking geben am Schlusse ihrer Abhandlung einen Überblick über die Radioaktivität der bekanntesten Quellen. „Die Aktivität ist ausgedrückt in Macheeinheiten. Die Angabe 149 für die Gasteiner Grabenbäckerquelle bedeutet, daß die Emanation, die in 1 *l* der Quelle gleich nach der Entnahme enthalten ist, einen Stromdurchgang von 149 Tausendstel elektrostatischen Einheiten — Sättigungsspannung vorausgesetzt — bewirkt. Letztere Einschränkung bezieht sich darauf, daß erst bei Anlegung einer bestimmten, nach Versuchsbedingungen variablen Minimalspannung, die „Sättigungsspannung" genannt wird, die Stromstärke konstant und von der Spannung abhängig wird. In der üblichen praktischen Einheit der Stromstärke gemessen, d. h. in Ampère, besitzt dieser Strom eine Stärke von 50 Billionstel Ampère (Billiampère).

Ort	Name der Quelle	Temperatur ° C.	Aktivität in Macheeinheiten	Beobachter
Bad Gastein . .	Grabenbäckerquelle . .	36.3	149	Engler u. Sieveking
„ „ . .	„	36.3	155	Mache
„ „ . .	Elisabethstollen, Hauptquelle	46.8	122.4	Engler u. Sieveking
„ „ . .	Elisabethstollen, Hauptquelle	46.8	133	Mache
„ „ . .	Chorinskyquelle . . .	41.9	122	Engler u. Sieveking
„ „ . .	Franz-Joseph-Stollen .	39.0	54.6	„ „
„ „ . .	Chirurgenquelle. . . .	47.1	39.6	„ „
Baden-Baden .	Büttquelle	23.5	126	„ „
„ „ .	Murquelle	59	24	„ „

Ort	Name der Quelle	Temperatur ° C.	Aktivität in Mache-einheiten	Beobachter
Baden-Baden .	Freibadquelle	60.5	9.9	Engler u. Sieveking
,, ,, .	Friedrichsquellen . . .	67.8	6.7	,, ,,
,, ,, .	Klosterquelle.	62.2	5.8	,, ,,
Badenweiler . .	Hauptbadquelle . . .	27.5	7.0	,, ,,
,, . .	Siegelsche Quelle . . .	22.5	10.1	,, ,,
Karlsbad . . .	Eisenquelle	8.4	47	,, ,,
,, ...	,, ...	8.4	38.4	Mache
,, ...	Felsenquelle	54.8	5.3	Engler u. Sieveking
,, ...	Sprudel	72.5	0.4	,, ,,
Wildbad* . . .	Bohrlöcher i. Badehause	35.8—37.9	1.6—3.2	,, ,,
,, . . .	—	—	1.85	K. R. Koch
Marienbad. . .	Bärenquelle	4.8	2.27	Mache
,, . . .	Nebenquelle	6.4	6.78	,,
Teplitz	Steinbadquelle	32.5	6.56	,,
,, ...	Augenquelle	21.9	3.13	,,
Franzensbad. .	Neuquelle	22.2	0.96	,,
Wiesbaden . .	Kochbrunnen	68	1.23	Henrich
,, . .	Dr. Kurzs Quelle . . .	42	11.95	,,
Bad Nauheim .	Karlsbrunnen	15	28.6	Schmidt und Kurz
,, ,, .	Sprudel XIV.	31.4	1.5	,, ,,
Soden i. Taunus	Champagnerbrunnen .	11.3	21.9	,, ,,
Homburg v. d. H.	Elisabethbrunnen . . .	10.6	8.0	,, ,,
Bad Kreuznach	Inselquelle	12.6	20.4	,, ,,
,, ,,	Hauptbrunnen	23	13.7	,, ,,
Bad Griesbach .	Badquelle	kalt	26	Engler u. Sieveking
,, ,, .	Antoniusquelle	,,	19.4	,, ,,
,, ,, .	Undinenquelle	,,	13	,, ,,
Bad Petersthal .	Sophienquelle	,,	4.3	Frommel
Dorf Petersthal	Karl Boschert	,,	7.8	,,
Bad Freyersbach	Gasquelle	,,	7.4	,,
,, ,,	Salquelle.	,,	5.4	,,
Bad Antogast .	Antoniusquelle	,,	16	,,
Bad Rippoldsau	Wenzelsquelle	,,	2.1	Engler u. Sieveking
Abano b. Padua (Italien)	Sorgente Montirone centrale	87	5	Engler
Battaglia b. Padua	Surgone Grotta . . .	74	5.7	,,
Fiuggi bei Rom	Badquelle	kalt	19.8	,,
Castellamare . .	Acidola	13.3	22.6	,,
,, . .	Rossa	13.8	5.8	,,
Bagnoli b. Neapel	Manganello	—	2.6	,,
Agnano b. Neapel	Purgativo	90	1.9	,,
Pozzuoli. . . .	Aqua media	kalt	1.8	,,
Insel Ischia . .	Porto d'Ischia (Stabil. communale) . . .	65	4.7	,,
Cassamiociola	Manzi II	72	2.2	,,
,,	Therme Piesco von Lucibello III. . .	—	1.8	,,
Lacco Ameno	Altrömische Quelle . .	57	372.0	,,

*** Im März nach anhaltendem heftigen Regen.**

Die Radioaktivität der Quellwasser ist nicht völlig konstant, doch sind die Schwankungen relativ nur gering; sie betragen beispielsweise bei dem stark aktiven Wasser der Büttquelle von Baden-Baden, seitdem diese besser gefaßt und eine Beimischung von Niederschlagwasser möglichst ausgeschlossen ist, höchstens ± 10 Macheeinheiten.

Die nähere Untersuchung der Quellsedimente von Baden-Baden, welche Elster und Geitel als stark aktiv erkannt hatten, von denen sie aber eine zu geringe Menge zur Verfügung hatten, um eine endgültige Bestimmung der radioaktiven Komponenten zu machen, wurde mit einer größern Menge durchgeführt.

Elster und Geitel hatten nach der von ihnen ausgearbeiteten Methode den Schlamm auf seine Abklingung geprüft, aber keine Kurve gefunden, die mit einer der bekannten radioaktiven Elemente übereinstimmte. Es lag also ein neues, bis dahin unbekanntes radioaktives Element vor, oder (und dieser Ansicht neigten die beiden Forscher zu) man hatte mit der Anwesenheit mehrerer zu rechnen, deren Kurven sich übereinander gelagert hatten. Die Prüfung des Ursprungsschlammes durch Engler und Sieveking führte zu einem ganz ähnlichen Verlaufe der Kurve. Klarheit konnte hier also nur eine chemische Zerlegung schaffen, die von Elster und Geitel unternommen wurde. Aus 200 *g* Schlamm der Ursprungsquelle konnte ein Baryumsulfatniederschlag isoliert werden, aus dem sich nach Wiederauflösung einerseits mit Ammoniak ein Niederschlag gewinnen ließ, welcher Thoremanation ergab, während im ebenfalls aktiven Filtrat Radium vermutet wurde, ohne daß es jedoch gelang, dasselbe durch die Abklingungskurve zu identifizieren.

Von großer Wichtigkeit war die Gewinnung eines Präparates, das Thoremanation abgab, dabei aber viel stärker aktiv war als bis dahin bekanntes Thor. Es lag der Gedanke nahe, daß die aktiven Eigenschaften des gewöhnlichen Thors durch eine geringe Beimengung von einer an sich viel stärker aktiven Substanz verursacht seien. Dann hätte es aber auch möglich sein müssen, diese Substanz in konzentrierterer Form zu gewinnen, was aber bisher nicht gelungen war. Man sieht leicht, von welcher Bedeutung für diese Frage die Resultate der Forschungen von Elster und Geitel waren. Diese selbst waren in der Bewertung ihrer Ergebnisse sehr vorsichtig. Das stärkste ihrer Thorpräparate hatten sie aus einer Lösung erhalten, die vermutlich auch Radium enthielt. Sie erachteten es deshalb nicht für ganz ausgeschlossen, daß Radium oder eine andere stark aktive Substanz (Emanium, Aktinium) für die abnorme Aktivität ihrer Thoremanation gebenden Präparate verantwortlich zu machen sei, und sie glaubten deshalb, die Frage mit den geringen Mengen Material, die ihnen zur Verfügung standen, nicht entscheiden zu können.

Die Verarbeitung größerer Mengen von Thermalschlamm aus der Ursprungsquelle durch Engler und Sieveking ergab den Beweis

der Anwesenheit von Radium und des aktiven Begleiters des Thoriums. Während der Dauer dieser Untersuchungen hatte O. Hahn in Sir W. Ramsays Laboratorium aus Ceylonthorianit einen aktiven Körper isoliert, dem er den Namen Radiothor beilegte, weil er wahrscheinlich den radioaktiven Bestandteil des Thoriums darstellte. Die Untersuchungen der genannten deutschen Forscher lassen jedoch keinen Zweifel mehr daran, daß im Thermalschlamme der Badener Quellen ebenfalls Radiothor enthalten ist, und daß somit den Herren Elster und Geitel der Ruhm gebührt, die Existenz dieses neuen Elementes, welches die Thorkurve zeigte, indessen kein Thor sein konnte, im Sedimente der Ursprungsquelle als möglich oder wahrscheinlich zuerst beobachtet zu haben. Der endgültige Nachweis des Vorhandenseins von Radiothor und ebenso die Isolierung des Radiums und dessen Identifizierung durch die Abklingungskurve im Badener Thermalschlamme ist durch die vorstehend genauer beschriebenen, schon im Juni 1905 von Engler und Sieveking in der Hauptsache mitgeteilten Versuche erbracht worden. Neuerdings haben Elster und Geitel das Radiothor auch im Schlamme der Badequelle Kreuznach mit Sicherheit nachgewiesen.

Engler und Sieveking erwähnen noch den relativ hohen Gehalt verschiedener Schlamme an Baryumsulfat, dessen Anwesenheit mit dem Radium höchstwahrscheinlich in naher Beziehung steht. Gerade das an Baryumsulfat reichste Sediment (Freibadquelle Baden) erwies sich als dasjenige, aus dem sich ein selbstleuchtendes Radiumpräparat von großer Strahlungsintensität herstellen ließ.

„Die Quellsedimente," bemerken die beiden Forscher schließlich, „erfreuen sich schon seit Jahrhunderten des Rufes, heilsame Kräfte auszuüben, gerade wie die Thermen und Quellen selbst. Schon Allen hat nach der Feststellung der Radioaktivität der Quellen von Bath auf den mutmaßlichen Zusammenhang von Aktivität und Heilkraft hingewiesen, eine Erklärung, die zwei bisher unaufgeklärte Punkte zwanglos aufhellte: die Vergeblichkeit der künstlichen Darstellung, die stets minderwertigen Ersatz ergab, und die Abnahme der Heilwirkung fern von der Quelle nach dem Versande des Wassers. Ist doch schon nach vier Tagen mehr als die Hälfte der Emanation verschwunden und nach weitern acht Tagen nur noch etwa $^1/_{20}$ davon vorhanden.

Was Liebig vom Gasteiner Wasser, in welchem er chemisch wirksame Stoffe nicht auffinden konnte, gesagt hatte, als er dort Heilung gefunden: „Chemische Ursachen kann das nicht haben, nur physikalische; es müssen magnetisch-elektrische Verhältnisse obwalten, welche so heilsam einwirken," das findet nunmehr seine Bestätigung. Und was Instinkt und Tradition erkennen gelehrt haben, die Heilkraft zahlreicher Badeorte wird durch die physikalische Analyse in ein neues und vielverheißendes Licht gerückt."

Höhlenforschungen in Kalifornien. Über eine von ihm vorgenommene Untersuchung der Hawverhöhle in dem Eldorado County, 5 *km* östlich von Auburn, berichtete Furlong in „Science". Sie liegt mit andern in der Calaverasformation der dortigen Gegend, 400 *m* über dem Meere und 200 *m* über dem American River. In sie führt zunächst ein senkrechter Spalt, dann geht sie etwa 12 *m* in südlicher Richtung. Am Ende leiten zwei enge Öffnungen zu einer $3^1/_2$ *m* tiefen Grotte und aus ihr ein rundes Loch 6 *m* abwärts in den Hauptteil. In diesen muß man sich mit einem Seile hinunterlassen. Unten liegt ein kleiner See, und etwa 30 *cm* über dessen Fläche führt ein Tunnel von etwa $2^1/_2$ *m* Länge zu einem zweiten Teiche. Dort benutzt man eine Luftmatratze und rudert mit ihr 10 *m* weit nach einer schlammbedeckten Bank. Von der Südecke des Gewässers leitet eine Reihe enger, gewundener Gänge von etwa 15 *m* Gesamtlänge in Grotten von verschiedener, zum Teile beträchtlicher Ausdehnung. Sie scheinen durch Wasser bewirkte Erweiterungen einer Spalte zu sein. In dieser Höhle sind fossile Überreste im Verhältnisse zu dem kleinen Raume, über den sie verbreitet sind, in großer Menge vorhanden. Sie sind in dem den Wänden entlang gehenden und die kleinen Öffnungen füllenden Trümmergesteine eingebettet. Hoch oben an der Decke haben Steinblöcke sich festgesetzt und den Spalt versperrt, und zwischen den Blöcken sind Gliederknochen und andere Skelette verschiedener Tiere, die jetzt durch einen Stalagmitenüberzug versteinert sind, hineingefallen. Die Knochen sind völlig gut erhalten. In einigen Fällen hat Einsickerung stattgefunden. Die Reste sind allem Anscheine nach dadurch in dem Spalte angehäuft worden, daß sie von der Oberfläche hineinfielen oder, vielleicht zum Teile durch die Tätigkeit von Rinnsalen, hineingewaschen wurden. Wie man aus der Untersuchung einiger der nördlichern amerikanischen Höhlen weiß, wählten die Tiere vermutlich Höhlungen oder breite Spalten in den Felsen als Zufluchtsorte oder zum Verzehren der Beute. Auf diese Weise wurden zahlreiche Knochen angehäuft, die schließlich in die Spalten des Kalksteines hineingerieten. Nur wenige Knochen sind bisher geborgen worden, doch genügen sie zur Bestimmung des Alters der Ablagerung und versprechen eine reiche Fauna. Die bemerkenswertesten Reste sind einige ausgezeichnet erhaltene Megalonyxknochen; es sind Wirbel, Schenkelknochen und ein Zahn; ferner die Reste eines Kuguars (Felis hippolestes?) und eines Pferdes (wahrscheinlich Equus occidentalis). Vorhanden sind viele Nagetierreste, besonders solche von Aplodontia. Soweit die Fauna bekannt, weicht sie von der der Shastahöhlen durch das Fehlen der eigentümlichen Ziegen, Euceratherium und Preptoceras, und des Rotwildes ab. Die in den nördlichen Höhlen so zahlreichen gespaltenen Knochen sind in der Hawverhöhle ziemlich selten. Weitere Untersuchungen der Höhle werden folgen.[1])

[1]) Globus 1907. p. 83.

Flüsse.

Der Rhein in seinem Mittel- und Unterlaufe seit der Diluvialzeit. Auf Grund seiner Untersuchungen gab B. Stürtz hiervon eine eingehende Darlegung.[1])

Der Rhein lagerte seit der ältern Diluvialzeit auf dem ganzen hier in Betracht kommenden Gebiete bis zu den Niederlanden Geschiebe ab, die entweder aus festem Gesteine, aus Mineralien oder aus erdigen und sandigen zerriebenen Mineralstoffen bestehen. Die aus festem Gesteine bestehenden Geschiebe heißen Geröll oder Schotter. Sie wurden meist in Gemeinschaft mit Sand abgelagert, und diese Ablagerungen bezeichnet man als Kies. Die erdigen Stoffe sind: Löß, Lehm, Mergel, Ton und Schlick. Der Rheinsand ist in der Hauptsache das Endergebnis der Zerreibung und Zersetzung von Sandsteinen und von quarzhaltigen, meist kristallinischen Gesteinen. Stürtz beschreibt eingehend, zum großen Teile auf Grund eigener Forschungen, die mineralogische Zusammensetzung der diluvialen Rheinablagerungen und verbreitet sich dann über die diluviale Fauna auf Grund der gefundenen Tierreste und zum Teil in Anlehnung an E. Kayser. In der Jugendzeit des Rheines war der Mensch schon vorhanden, denn nicht nur haben sich zahlreiche menschliche Spuren in Gestalt von Steinwerkzeugen gefunden, sondern in einer Kalksteinhöhle zwischen Düsseldorf und Elberfeld auch Menschenknochen, die wahrscheinlich aus einem Zeitabschnitte stammen, als der Rhein seinen Weg über die Gegend von Erkerath nahm.

Von größter Wichtigkeit für die Beurteilung der Zustände des Urrheins in der Diluvialzeit sind die Ablagerungen seiner Geschiebe auf den Höhen, und Stürtz behandelt sie demgemäß in großer Ausführlichkeit auf Grund fremder und eigener Beobachtungen. Typischer Rheinkies, vermischt mit solchem der Nahe, ist bei Bingen auf einer Höhe bis zu 248 *m* ermittelt worden, bei St. Goar selbst in 264 *m* Höhe, so daß also einst der Rhein bei Bingerbrück noch höher gestanden haben muß. Auf Grund der Fundorte für typischen Rheinkies zu beiden Seiten des heutigen Rheines von Urbar talwärts bis Nochern (bei St. Goar) schließt Stürtz, daß der diluviale Rhein von der linken Seite her seinen Weg zur rechten über die heutige Rheinspalte hinweg nahm, und diese also damals hier nicht vorhanden war. Von einer Hochterrasse an, die sich bis 264 *m* bei Urbar erhebt, vollzog der Rhein nach Ansicht von Stürtz im Laufe der Zeit durch Erosion seinen Absturz, und zwar seit dem Diluvium bis heute um etwa 200 *m* bei St. Goar. Oberhalb Salzig hatte sich der diluviale Rhein (nach v. Dechen) in zwei Arme gespalten. Der Rheinarm,

---

[1]) Verhandlungen d. naturhistorisch. Vereins d. preuß. Rheinlandes u. Westfalens 1907.

der von Salzig die westliche Richtung einschlug, versiegte, als sich der Strom bis zu etwa 70 *m* Höhe über dem heutigen Rheinspiegel eingeschnitten hatte.

Unterhalb Koblenz erweitert sich das Rheintal, und wir gelangen in den Bereich des Neuwieder Beckens. Dort treten die Hochterrassen auf beiden Seiten weit vom Flusse zurück. Zwischen Andernach und Brohl ist das Rheinbett tief und eng in die Berge eingeschnitten. Die Hochterrassen treten wieder hart an den Fluß heran, nur bei Namedy bot das Tal Raum zu einer Anschwemmung. Die Insel Hammerstein ist wenigstens an ihrer Oberfläche, auf der Höhe von 50 *m*, eine Anschwemmung. Der Diluvialrhein hatte in dieser Gegend die Richtung des heutigen, floß aber ursprünglich in mehr als 200 *m* Höhe über die Berge. Der Fornicher Kopf, Hammerstein gegenüber, ein Vulkan der Diluvialzeit, muß wie der Rodderberg im Oberdiluvium, also zu einer Zeit tätig gewesen sein, als sich das Rheintal im Gebirge fast schon bis zu seiner heutigen Lage eingeschnitten hatte, denn ein Lavastrom hat sich von der Höhe bis ins heutige Strombett ergossen. Abwärts erweitert sich das Rheintal bis zur Enge zwischen dem Viktoriaberg und der Erpeler Ley und bildet die sogenannte Ahrbucht.

Die Einbrüche dort und im Bereiche der sogenannten Kölner Bucht sind mindestens alttertiären Alters. „Das Gebiet der Einbrüche war aber, zu Ende der Tertiärzeit etwa, ausgefüllt mit den Ablagerungen der Braunkohlenformation, als Ton, Sand, Braunkohle, denen sich im tertiären Vulkangebiete noch Tuffe zugesellten. In der Ahrbucht reichte die Auffüllung bis zu 190 *m*, am Siebengebirge nach Laspeyres (1900) bis zu 180 *m* Höhe.

Schon im Bereiche der Ahrbucht und noch mehr weiter zu Tal lagert unter dem Diluvium vielfach noch heute das früher aufgehäufte Tertiär, welches einst die ganze Talbreite einnahm. Bei Cleve sind noch solche angeblich gleichalterigen Tonablagerungen der Erosion entgangen, die auf 85 *m* Höhe lagern.

Bei seinem Eintritte in die heutige Ahrbucht überströmte der Fluß also zunächst die Ablagerungen der Braunkohlenformation im Gebiete der tektonischen Einbrüche, er mündete nicht in eine Bucht ein, wie sie heute vorhanden ist. Die Beschaffenheit fast aller Ablagerungen der Braunkohlenformation setzte dann der erodierenden Tätigkeit nur schwachen Widerstand entgegen, und so wurde das Tal durch Erosion nach und nach von den Ablagerungen, die es zeitweilig ausgefüllt hatten, wieder befreit. Erst als sich die Verhältnisse so entwickelt hatten, mündete der Rhein in das Ahrtal ein."

Der Beweis für die Anschauung, daß Ablagerungen der Braunkohlenformation einst die heutige Rheinspalte ausfüllten, ergibt sich nach Stürtz auch aus den Verhältnissen zwischen dem Rodderberge und Vinxel. Als der Strom auf der Höhe des Rodderberges in mehr als 180 *m* Höhe floß, setzte ihm der Drachenfels ein Hindernis gegen

die Verlegung des Strombettes nach Osten entgegen. Deshalb gibt es rechtsrheinisch abwärts vom Drachenfels bis zum Plateau von Vinxel keine hochgelegenen Kiesterrassen. Bei Vinxel kommt der Kies wieder in mehr als 180 *m* Höhe vor. Um dahin vom Rodderberge zu gelangen, überströmte der Fluß somit das heutige Rheintal. Das Tal war, wie gesagt bis zu 180 *m* Höhe mit Tuffen, Tonen usw. aufgefüllt.

Als das Rheinbett noch sehr hoch lag, das ist, bevor sich der Rhein in der heutigen Enge zwischen dem Viktoriaberge bei Remagen und der Erpeler Lei einschnitt, stand dort dem Flusse zu seiner Ausbreitung ein größerer Raum als heute zur Verfügung. Auf dem Viktoriaberge lagert der Kies auf 210 *m*, über der Erpeler Lei auf 200 *m* Höhe. Einer der ältesten diluvialen Rheinläufe schlug vom Viktoriaberge aus durch den Remagener Wald die nordwestliche Richtung ein.

Am Unkelsteine zwischen Remagen und Oberwinter hat man Reste des Rentieres und Moschusochsen gefunden, woraus zu schließen ist, daß, als diese Tiere dort lebten, das rheinische Klima einen sehr nordischen Charakter gehabt hat. Am Rodderberge füllt Löß den Krater aus, und in der Nähe sind auch Mammutreste gefunden worden. Der vulkanische Ausbruch des Rodderberges fällt in die Zeit der beginnenden Lößablagerung, also in den Anfang der interglazialen Epoche nach der ersten oberdiluvialen Eiszeit.

In jüngster Zeit hat G. Steinmann über den Löß und die Gliederung des Rheindiluviums am Rodderberge Aufklärungen gegeben, welche die Gliederung des Diluviums am Niederrheine mit derjenigen am Oberrheine in Übereinstimmung bringen.

Steinmann unterscheidet:

a) Alluvium = Niederterrasse; sie ist gleichbedeutend mit der Rheinebene zwischen dem Rodderberge und Bonn; es fehlt ihr der Löß, und sie weist Auelehm auf.

b) Gehängediluvium = Mittelterrasse, deren Oberkante sich nur 5 *m* über der Niederterrasse erhebt; sie ist von jüngerm Löß bedeckt.

c) Gehängediluvium = Hochterrasse, deren Oberkante am Rodderberge die 110 *m*-Höhe erreicht; es bedeckt sie älterer Löß mit Konkretionen, in konkordanter Lage, während den Hängen der Terrasse jüngerer Löß diskordant aufgelagert ist.

d) Plateaudiluvium mit Deckenschottern, die am Rodderberge in der Höhe von 160 bis 180 *m* verbreitet sind. Es überdeckt sie vielfach älterer Löß oder Höhenlehm.

„Steinmann,“ sagt Stürtz, „als Kenner der Verhältnisse im süddeutschen Rheingebiete, hat auf den ersten Anhieb die unterscheidenden Merkmale zwischen älterm und jüngerm Löß am Rodderberge in einer Weise gekennzeichnet, die geeignet ist, bei uns diese bisher viel umstrittene Frage zu erklären. Es sei aber dabei noch (nach Steinmann) angeführt, daß der Löß eine Moränenstaubabsonderung ist, welche der Wind den Entstehungsstellen entführte, und daß gerade der jüngere Löß bis zu den höchsten Höhen des Löß-

vorkommens überhaupt abgelagert ist; älterer Löß ist überhaupt weit mehr zu Tale als das höchstgelegene Lößvorkommen zu suchen und wird weiter durch die Lößpuppen gekennzeichnet.

Zwischen der Kiesablagerung auf der Plateauhöhe des Rodderberges und einem Vorkommen mehr talwärts, auf der Hochebene bei Vinxel rechtsrheinisch bis zu 192 *m* Höhe, bildet jetzt das Rheintal eine Unterbrechung, und doch hat der Rhein einst diesen Weg eingeschlagen. Damals füllten Trachyttuff und Ablagerungen der Braunkohlenformation das Rheintal bis zur Höhe von mehr als 180 *m* aus."

Stürtz berichtet weiter ausführlich über seine Beobachtungen der Rheinablagerungen rechts und links vom heutigen Strome bis nach den Niederlanden hin und faßt die Ergebnisse wie folgt zusammen: Talwärts der Ahrbucht nahm in älterer diluvialer Zeit eine Deltabildung des Rheines ihren Anfang. Es geschah dies, als das Rheinbett im Ahrgebiete in einer Höhe von etwa 200 *m* über dem heutigen Spiegel der Nordsee lag. Die beginnende Deltabildung ab Remagen-Oberwinter denkt sich Stürtz so, daß ein Rheinarm den Rodderberg, dann unter Überquerung des heutigen Rheintales Vinxel berührte und endlich über Schermbeck seinen Weg zum Meere fand. Ein anderer Flußarm nahm von Remagen seinen Lauf gegen die Roer und mit dieser vereint gegen die Maas bei Roermonde. Die Verbindung mit der Maas erlitt nach und nach dadurch eine Veränderung ihrer örtlichen Lage, daß der Rhein sein Bett mehr und mehr von Westen nach Osten verlegte. Auf Grund der eigenen und fremder Untersuchungen faßt Stürtz seine Anschauung in folgender Weise zusammen: Von der Ahrmündung her läßt sich der aus Kies und Sand bestehende Flußschutt als solcher, und zwar auf ungestörter Lagerstätte bis zu den (gewählten) Endpunkten Kleve linksrheinisch und Elten rechtsrheinisch, genügend fortlaufend verfolgen, um feststellen zu können, daß der diluviale Rhein als Strom, wohl in mehrern Armen zeitweise, das ganze Gebiet bis in die Niederlande hinein durchflossen hat. Als Küstenbildung könne man vielleicht gewisse Sande des niederrheinischen Gebietes und dazu dessen nordische Geschiebe ansehen, aber die Kiesaufschlüsse vom Gebirge bis zur Landesgrenze belehrten darüber, daß es sich um Ablagerungen auf voreinstiger Flußsohle handle.

Eine überaus wichtige Frage ist die nach der Beziehung der Eisüberlagerung und der nordischen Eisströme zum Gebiete des heutigen Niederrheines. Eine von Duisburg etwa nach Amsterdam zu ziehende Linie bezeichnet gegen Süd und West die Grenze des Vorkommens nordischer Geschiebe auf preußischem Gebiete. Sie liegen durchweg an der Erdoberfläche, vielfach dabei auf geschottertem und geschichtetem Kiese der Hoch- und Mittelterrassen, also bis hinab etwa zu 35 *m* über Normalnull. Aus der Auflagerung der Findlinge auf Kies ergibt sich, nach Stürtz, daß sie dem oberdilu-

vialen Glaziale angehören; aus dem Verlaufe der Grenzlinie des Vorkommens der Findlinge ergibt sich als wahrscheinlich ferner ein Vordringen des Inlandeises etwa von Nordost her. Die Mittelterrasse mußte auch schon vorhanden sein, als sich auf ihr Findlinge ablagerten, somit ist wenigstens die Hauptterrasse und namentlich, was noch höher liegt, sicher erheblich älter als das nordische Diluvium.

Die Grenzlinie des Vorkommens nordischer Geschiebe von Krefeld bis Nymwegen hat jüngst Lorié (1902) als zu einer Deutung dahin Anlaß gebend bezeichnet, daß in den Hügeln, welche talwärts der Linie Krefeld-Nymwegen, so bei Schaephuysen liegen, die Stirnmoräne des Rheingletschers zur Darstellung gelange. Als zutreffend kann Stürtz diese Angabe nicht bestätigen. Es handle sich vielmehr nördlich bis östlich der erwähnten Grenzlinie, wenigstens auf preußischem Gebiete, durchweg um Ablagerungen welche von geschottertem und geschichtetem Rheinkiese auf ungestörtem Lager dem nordischen Geschiebe jedenfalls häufiger auf- als eingelagert sind. „Im Sinne der Ausführungen Loriés könnte aber im Bereiche des Rheindiluviums in Rheinpreußen von Gletschern und Moränen nur da die Rede sein, wo wirklich die Einwirkung des Eisstromes auf Ablagerungen unverkennbar, wo glazialer Moränenschutt aufgehäuft ist. Unzweifelhaft brachte der Rhein der Eiszeit unter Umständen Kies bis ans Inlandeis oder auf das diesem vorgelagerte Grundeis. Inlandeis und Grundeis führten nordische Geschiebe, deren Mischung mit denjenigen des Rheines also hier und da erfolgen mußte. Regenwasser und Schmelzwasser führten ebenso eine Mischung herbei. Endlich kommt dafür auch Drift vor der Eisbarre in Betracht, die jedenfalls stattfand. Aus den angeführten Umständen ergibt sich aber, daß weder das Vorkommen nordischer Geschiebe an sich, noch deren örtliche Mischung mit Rheindiluvium schon allein zu der Schlußfolgerung berechtigen, man befinde sich im Bereiche der Stirnmoräne."

Über die hydrographischen und geologischen Verhältnisse und die verschiedenen Abschnitte des Diluviums, seine glazialen und interglazialen Zeiten bemerkt Stürtz: „Im Winter glazialer Zeiten bewegte der Strom wenig Wasser, denn die Gletscher der Schweiz und des westlichen Mitteldeutschlands gaben es dann nicht ab, stehendes Eis erfüllte das Flußbett; die Vereisung erstreckte sich von der Schweiz bis an die der Nordsee vorgelagerte Eisbarre. Auch die Geschiebebewegung war dann im Rheine unter Eis eine geringe, während sie im nordischen Eisstrome selbst ihren Fortgang nahm

Die warme Jahreszeit setzte das Rheineis in Bewegung, und was sich ihm an Gestein aufgelagert hatte, trieb zu Tale, bis sich die Eisschollen ihrer Bürde entledigten, die oft aus schweren Gesteinsblöcken bestand. Dem abtreibenden Eise folgten große Wassermengen, welche den Flußschutt talwärts bewegten. Vor der Eisbarre an der Küste, die, wie jetzt allgemein angenommen wird,

zeitweise vorhanden war, stauten sich Eis und Wasser überall so lange, bis irgend ein Weg zum Meere frei wurde. Erfolgte der Abfluß im Sommer nicht oder nur teilweise, so vergrößerte sich über den nächsten Winter hinaus die Bedeutung der Rückstauung. Es wird dieser aber in der Literatur teilweise eine Höhe beigemessen, gegen die sich, was Westeuropa anbelangt, doch Bedenken nicht unterdrücken lassen.

Der Löß ist, wie man annimmt, teils durch Wind, teils als Niederschlag aus Wassertrübe namentlich zu Ende des großen oberdiluvialen Glazials abgelagert worden. Löß, den man als Niederschlag aus gestautem Rheinwasser anspricht, kommt nun in Mitteldeutschland in absoluten Höhen von weit mehr als 240 *m* noch vor. Durch die Rückstauung hätte also der Wasserspiegel um mehr als 240 *m* steigen müssen. Zu Ende der oberdiluvialen Eiszeit hatte der Rhein aber sein Bett schon allgemein tief eingeschnitten, so beispielsweise nach Laspeyres auch bei Rolandseck. Wir dürfen überhaupt annehmen, daß zu dieser Zeit die Mehrzahl der Täler der Flußgebiete des westlichen Europas, wenigstens für ihre spätere Ausbildung, schon vorhanden waren. Der Rheinspiegel liegt nun heute bei Rolandseck auf 47, bei Bingerbrück auf 76, bei Straßburg auf 132 und bei Basel gar auf 239 *m* (Pegel 246 *m*). Haben auch seit der Diluvialzeit Hebungen und Senkungen diese Zahlen verändert, so bieten sie doch eine gewisse Unterlage zu folgenden Betrachtungen:

Der bis weit über die 240 *m*-Höhe zurückgestaute Rhein, im Vereine mit der Maas, überschwemmte alle minder hoch gelegenen Punkte; die Täler von Bonn bis Basel waren zumeist unter Wasser, ebenso Nordwestdeutschland, Belgien und Nordfrankreich. Mag nun selbst, wie Laspeyres anführt, das Eis zeitweise selbst die Seinemündung gesperrt haben, so ist doch kaum anzunehmen, daß jemals bis in den Bereich des Atlantischen Ozeanes, weit südlich über die Insel Wight hinaus, eine Eismauer vorhanden war, die keine Lücken aufwies, sich überall bis über die 240 *m*-Höhe erhob und selbst an ihrem Endpunkte in Frankreich eine absolute Sperre landeinwärts bildete.“

Als Einwurf, der zu seinem Gunsten spricht, erwähnt Stürtz das Fehlen von Gletscherspuren in Belgien. Damit tritt er in Gegensatz zu Laspeyres, der ehemalige Aufstauung des Rheinwassers durch eine Talsperre annimmt, die durch das nordische Inlandeis gebildet wurde und die Wasser des Stromes bis zu jenen Höhen steigen ließ, auf denen man heute Ablagerungen des Rheinlöß antrifft. Ein prinzipieller Gegensatz zwischen Stürtz und Laspeyres ist gleichwohl nicht vorhanden, denn beide Forscher sind darüber einig, daß in der Urgeschichte des Rheines die Eiszeit eine sehr wichtige Rolle gespielt hat.

An der Hand seiner Aufzeichnungen und der geologischen Karte der Rheinprovinz macht Stürtz auch interessante Angaben über den

veränderten Lauf rheinischer Flüsse seit der Diluvialzeit. So liegt die Niers ganz im Gebiete alter Rheinläufe und war später zeitweise ein Nebenfluß des Rheines, während sie sich heute in die Maas ergießt. Die Roer hat seit der Diluvialzeit ihr Bett bei Düren um fast 4 *km* westwärts verschoben. Die Erft vereinigte sich damals mit dem Rheine vor Eintritte in das Gebiet ihres heutigen Unterlaufes. Die Mosel zeigt gewaltige Erosionen, denn Moselkies findet sich bei Trier in Höhen von 254 bis 284 *m* über dem heutigen Flußspiegel. Solche Erosion erregt Erstaunen, aber Stürtz bemerkt mit Recht, daß die Tatsache minder auffallend erscheine, wenn man an die Auswaschungen im Gebirge nach einem einzigen Wolkenbruche denke und erwäge, daß zahlreiche Jahrtausende zwischen heute und der Diluvialzeit verflossen sind. Die Nahe ist wahrscheinlich gleichalterig mit dem Rheine. In der Höhe von 248 *m* überströmte sie, mit dem Rheine vereinigt, einstmals den Rochusberg. Der Rheinlauf, der rechtsrheinisch seine Spuren hinterließ und von Vinxel über Schermbeck Holland erreichte, kürzte mehr oder weniger die heutigen Unterläufe der Flüsse Sieg, Wupper, Düssel, Ruhr, Emscher und Lippe. — Wie viele Jahrtausende seit dem Beginne und Ende der Eiszeit in Nordwesteuropa vergangen sind, weiß man nicht. Stürtz glaubt, daß das Ende der jüngsten Eiszeit wenigstens 20000 Jahre hinter der Gegenwart liege, also um einen Zeitraum viermal solang als die Menschengeschichte zurückreicht.

Die Leba und ihr Ost-West-Tal bildete den Gegenstand einer geographisch-geologischen Darlegung von Dr. phil. Axel Schmidt.[1]) Auf der 263 *km* langen hinterpommerschen Küstenstrecke, von der Dievenowmündung bis hinauf zu den Steilküsten von Rixhöft, fließen Rega, Persante, Wipper, Stolpe, Lupow und Leba in die Ostsee und führen die Niederschläge des Nordwestabhanges des baltischen Höhenrückens diesem Binnenmeere zu. Ein Blick auf eine physikalische Karte dieses Gebietes lehrt aber, daß die Flüsse, nicht der natürlichen Abdachung folgend, dem Meere in direktem nordwestlichen Laufe zueilen, sondern daß sie sich fast alle ihr Bett in mehrern rechtwinklig aufeinander stehenden Stücken in die lockern Diluvialmassen eingegraben haben. Neben dieser Eigentümlichkeit ist auch die Breite der ost-westlich verlaufenden Teile der Täler im Gegensatze zu den oft schmalen und tiefen Süd-Nord-Stücken auffallend; denn die geringen Wassermengen der heutigen Flüsse haben nie die Ausschürfung einer so breiten Talwanne auszuführen vermocht.

Den Grund dieser Eigentümlichkeit erklärt Dr. Schmidt an dem östlichsten Flusse, der Leba. Dieser Fluß entspringt in etwa 170 *m* Höhe auf einer Moorwiese, etwa 1 *km* südlich von Borzestowo,

[1]) Schriften d. naturforsch. Ges. in Danzig 1907. N. F. **12**. 1. Heft.

durchfließt den „Langen“ und „Großen“ See in ziemlich genau süd-nördlicher Richtung, biegt nach dem Ausflusse aus dem Großen See nach Osten um und durchfließt in trägem Laufe nur mooriges Wiesengelände. Nachdem sie den Röskausee in seinem nordwestlichen Teile durchflossen hat, durcheilt sie, auf der rechten Seite bei Kositzkau den Abfluß des Lappalitzer Sees und weiter unterhalb den des Oschuschinosees aufnehmend, ein tief eingerissenes Erosionstal und durchfließt dann den Sianowosee. Kurz nach dem Austritte aus ihm nimmt die Leba von rechts ihren ersten bedeutenden Zufluß auf. Sie fließt dann in einem gegen Osten offenen Bogen, empfängt den Abfluß des Bontscher- und Mirchausees, nimmt, nachdem sie die Wasser des Strepscher Sees mit sich vereinigt hat, eine rein süd-nördliche Richtung an und strömt, einem Mittelgebirgsflusse an Talbildung und Gefälle nicht unähnlich, an Paraschin vorbei. Bei Luisental erreicht die Leba das breite Ost-Westtal, das sie sich zu eigen gemacht hat. Nahe bei Speck erreicht die Leba den Lebasee, den bedeutendsten pommerschen Strandsee. Zwischen den Ruinen von Altleba und dem heutigen Leba durchbricht sie die Dünenkette und ergießt sich in die Ostsee durch ein Tief, das sie selbst im Laufe von 60 Jahren 180 *m* gegen Osten verschoben hat. Der Hauptgrund für diese Mündungsverlegung nach Osten ist in der aus der Oderbucht kommenden hinterpommerschen Küstenströmung zu erblicken.

Die Lebaquelle bei Borzestowo und die Lebamündung liegen in der Luftlinie nur 60 *km* auseinander, die Lauflänge beträgt aber rund 150 *km*. Das Gesamtgefälle beträgt 170 *m*, somit fällt die Leba im Durchschnitte auf 700 *m* um 1 *m*, oder auf 1000 *m* Lauflänge um 1.43 *m*.

Im geologischen Teile seiner Arbeit geht Dr. Schmidt auf die Ablagerungen der eiszeitlichen Epoche ein, deren einschneidende Wirkungen auf die norddeutschen Flußsysteme nachgewiesen ist. Er kommt zu folgendem Schlusse: Das heutige Lebatal hat, bedingt durch die Umwandlungen der jüngst vergangenen geologischen Epoche, die diese für das ganze Nordostdeutschland schuf, einst die Wasser der Weichsel abgeführt; und so ist die für die heutige Leba viel zu gewaltige Talbreite zu erklären. Erst nachdem durch den postglazialen Einbruch der Danziger Bucht die Weichsel schon früher das Sammelbecken der Ostsee erreichen konnte und ihre Mündung weiter ostwärts zu wählen gezwungen wurde als auf dem Umwege durch das heutige Lebatal, und nachdem entsprechend dem Einbruche im Osten durch eine Emporwölbung des Talbodens bei Klein-Boschpol das ursprünglich gleichsinnige Gefälle des letzten pommerschen Urstromtales unterbrochen wurde, nahm der unbedeutende Leba-Oberlauf Besitz von der durch die gewaltigen Wassermassen Russisch-Polens ausgewaschenen Talrinne und entwickelte so das heutige Flußsystem des letzten, östlichen pommerschen Küstenflusses.

Das Wasseregime des Dalelf ist von Axel Wallén studiert worden.[1]) Die Wasserstandsbeobachtungen sind in Avesta angestellt worden und umfassen den Zeitraum von 1894 bis 1904. Sie sind verhältnismäßig sehr zuverlässig, ungenügend sind die Niederschlagsbeobachtungen im Flußgebiete. Es ergab sich, daß der Abfluß 73.4%, die Verdunstung 26.6% beträgt. Die flüssigen Niederschläge sind im Winter unzureichend, und der Grundwasserspiegel steht in dieser Jahreszeit am tiefsten, Ende Sommer am höchsten. Der höchste monatliche Wasserstand fällt in den Mai, das Maximum der Niederschläge aber in den August.

Über die Physiographie des Niles verbreitete sich H. G. Lyons.[2]) Dieser Strom empfängt seine Zuflüsse von zwei Quellengebieten: das eine ist das äquatoriale Seeplateau (zwischen 5° südl. Br und 5° nördl. Br., 28° und 35° östl. L.), das andere liegt in dem Abessinischen Gebirge und dem Abessinischen Plateau (zwischen 7° und 14° nördl. Br., 35° und 40° östl. L.).

Das erstere Gebiet stellt das größere Auffangbassin dar und schließt den Viktoriasee, den Albert-Eduard- und Albertsee ein; diese Seen bilden Reservoirs, welche den Regenfall des ganzen Gebietes aufsammeln. Der Viktoriasee (welcher etwa die Größe von Schottland hat) liegt ungefähr in 1220 *m* Seehöhe, und sein Spiegel etwas unter dem durchschnittlichen Niveau des Plateaus. Das Terrain steigt langsam gegen Süden und Osten, rasch gegen das westlich gelegene Ruwenzorigebirge, welches das Viktoriaseegebiet von dem Tale trennt, in dem der Albert-Eduard- und Albertsee liegen; diese sind durch den Semlikifluß verbunden. Das Auffanggebiet des Viktoriasees hat eine verhältnismäßig kleine Ausdehnung und ist nicht mehr als doppelt so groß wie das Seegebiet selbst; das Seeniveau selbst schwankt nur wenig mit der Jahreszeit. Der Viktoria-Nil entspringt im Norden des Viktoriasees, passiert die Riponfälle und fließt dann durch flaches Marschland dem Flusse des Chogasees zu; hierauf gelangt er über eine Reihe von Schnellen und schließlich über den Murchisonfall an das Nordende des Albertsees in $2^1/_4$° nördl. Br.

Der Albert-Eduard- und Albertsee scheinen mit ihrem Zuflußgebiete eine größere Wassermenge zu sammeln als der Viktoriasee. Der Viktoriasee gibt durch den Viktoria-Nil eine ziemlich konstante Wassermenge von durchschnittlich 500 *cbm* pro Sekunde ab; der Abfluß des Albertsees schwankt zwischen 500 und 1100 *cbm* pro Sekunde.

Der Abfluß des Seesystems nördlich vom Albertsee erfolgt durch den Bahr-el-Jebel oder Albert-Nil, wie er von Sir William

---

[1]) Bulletin of the geological institution of Upsala 8. Nr. 1.

[2]) The Physiography of the River Nile and its Basin.

Willcocks genannt wurde. Derselbe fällt rasch von einem Niveau von 700 *m* in eines von 450 *m* bei Gondokoro (5° nördl. Br.), indem er in einem engen Bette zahlreiche Schnellen und Fälle bildet, um sich dann durch ein großes, flaches und sumpfiges Terrain dem Nosee ($9^1/_2$° nördl. Br.) zuzuwenden. Beim Nosee wird er durch den Bahr-el-Ghazal und ungefähr 8 Meilen weiter stromabwärts durch den Sobat verstärkt. Der erstere führt den größten Teil der Abflüsse des Sudans, und zwar namentlich aus dem äquatorialen Gürtel. Der Sobat empfängt seine Zuflüsse teils aus diesem Gebiete, teils von dem südlichen Abhange des Abessinischen Plateaus.

Zwischen dem Nosee und Khartum führt der Hauptstrom den Namen „Weißer Nil". Die Abflußmenge desselben variiert innerhalb des Jahres nur wenig und beträgt etwa nur 350 *cbm* pro Sekunde, also viel weniger als der Zufluß vom Albertsee allein. Die Differenz verdunstet wohl beim Durchfließen des ungeheuern Sumpfgebietes. Die Wassermenge des Sobat ist nur in der Regenzeit eine beträchtliche (von April bis Dezember) und bewegt sich dann zwischen 380 und 1470 *cbm* pro Sekunde. Der „Weiße Nil" empfängt unterhalb der Vereinigung mit dem Sobat ($9^1/_2$° nördl. Br.) bis Khartum ($15^1/_2$° nördl. Br.) keinen Zufluß und fließt in einem weiten Tale als breiter Strom von mäßiger Geschwindigkeit. Dieser Teil des Niles spielt eine untergeordnete, doch wichtige Rolle bei den Nilfluten. Vom Mai bis September wird das Wasser vom Sobat herabgebracht und in diesem Gebiete des Niles aufgespeichert. so daß es nichts zur Flut des untern Niles beiträgt. Kapitän Lyons stellt fest, daß durch diesen Vorgang etwa 1500 Millionen Kubikmeter Wasser der Sobatflut aufgespeichert werden, welche dem Nile erst in den Monaten Oktober, November und Dezember zugeführt werden, wodurch die Flutperiode verlängert und die Rückkehr des Niedrigwasserstandes verzögert wird.

Der Blaue Nil und der Atbara bringen die Hauptflut des Niles vom Abessinischen Plateau herab. Der Regenfall tritt daselbst zwischen Juni und September ein und fließt unmittelbar von den Höhen in die Täler ab; der größte Teil gelangt so in den Blauen Nil, der mit dem Weißen Nil bei Khartum zusammenfließt und den eigentlichen Nil bildet. Beim maximalen Hochwasserstande werden im Blauen Nil 12 500 *cbm*, im Atbara 5000 *cbm* pro Sekunde transportiert.

Das Hochwasser des Nils wird in dieser Zeit ausschließlich durch den Regenfall in Abessinien und dem anliegenden Sudangebiete gespeist. Es beginnt im Juni und erreicht sein Maximum Ende August bis Ende September. Die gesamte Abflußmenge während der Hochwasserperiode kann daher als Maßstab für die Menge des Regenfalles in Abessinien und dem angrenzenden Sudangebiete dienen, ebenso wie die Spiegelschwankungen des Viktoria- und Albertsees die jahreszeitlichen Verschiedenheiten des Regenfalles in ihren Zuflußgebieten repräsentieren.

Unterhalb der Einmündung des Atbara erhält der Nil (also zwischen 18° und 32° nördl. Br.) keinen Zufluß und fließt in einem relativ engen Tale, dem die Flutwässer mit ihren reichlichen alluvialen Zusätzen durch ein riesiges System von Kanälen zugeführt werden.

Das ganze Nilgebiet kann seiner geographischen Breitenausdehnung nach in drei nicht allzu ungleiche Teile geteilt werden: 1. in das südliche im äquatorialen Seengebiete zwischen 5° südl. Br. und 5° nördl. Br., 2. in das mittlere Gebiet von 5° bis 18° nördl. Br., welches den Sudan und Abessinien umschließt, und 3. in den nördlichen Teil, dem das untere Nilgebiet bis zum Mittelmeere (18° bis 32° nördl. Br.) angehört. Vom Januar bis Mai verdankt der nördliche Teil sein Wasser dem Abflusse aus dem äquatorialen Seengebiete, während er das Sommerhochwasser aus Abessinien erhält.

Der Pilcomayo, ein Hauptnebenfluß des Paraguaystromes, ist bisher in seinem Mittellaufe noch wenig bekannt gewesen, und zwar nicht nur infolge natürlicher Hindernisse der Forschung, sondern auch wegen der Feindseligkeit der den Gran Chaco bewohnenden Indianerstämme, besonders der Toba und Pilagá. Im Jahre 1905 wurde indessen in Berlin von einer privaten Gesellschaft zu Handelszwecken eine Expedition nach dem Pilcomayo entsendet, welche dessen Schiffbarkeit bis nach Bolivia untersuchen sollte. Die Expedition ging unter Leitung des Ingenieurs W. Herrmann Ende Februar 1906 nach Bolivia ab. Nach seiner Abreise traf die Nachricht ein, daß unlängst der Norweger G. Lange den Pilcomayo in seiner ganzen Ausdehnung bereist habe. Er hatte ihn von Asuncion bis Bolivia und wieder zurück verfolgt und dabei oft über Land marschieren müssen, da seine Boote nicht durchdringen konnten. Da die deutsche Expedition einmal unterwegs war, versuchte sie sich, nach Erledigung einiger ihrer andern Arbeiten, von neuem am Pilcomayo. Über das Resultat gibt ein Brief Herrmanns Aufschluß, der in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (1906, Nr. 10) abgedruckt ist.

Der Brief ist vom 20. September 1906 und aus dem bolivianischen Fort Guachalla am mittlern Pilcomayo (20° 25′ südl. Br.) datiert. Herrmann klagt über die Unzuverlässigkeit aller bisherigen Karten, die nicht nur falsch, sondern teilweise sogar „gefälscht" seien. Er verließ am 4. August mit einem Argentinier und einigen bolivianischen Soldaten Guachalla in einer Chalana, einem einfachen, gezimmerten Kasten von 6 *m* Länge, während die übrige Begleitmannschaft am Ufer marschierte. Sandbänke und das Ungeschick der Leute im Umgange mit dem Fahrzeuge verursachten anfangs viel Mühe und Zeitverlust, aber erheblich waren die Hindernisse nicht, und die Stromschnellen und Wasserfälle der Karten fehlten. Die Indianer, die zu vielen Tausenden die Ufer bewohnen, verhielten sich

friedlich. Einige Aufmerksamkeit verlangten außer den Sandbänken die im Flusse liegenden Baumstämme; Aufenthalt entstand immer an dichten Flechtbarrieren, die von den Indianern von Ufer zu Ufer gezogen waren und den Zweck haben, die Fischgerechtigkeit zwischen den einzelnen Dörfern herzustellen und das Wandern der Fische aus dem einen in das andere Fanggebiet zu verhindern. Gegen Tabak, nach dem sie „ganz toll“ waren, halfen die Indianer selbst, für die Chalana ein Loch durch die Barrieren brechen. Die Ufer, die anfangs 10 bis 12 *m* hoch waren, wurden immer niedriger; am 30. August hatten sie nur noch $1^1/_2$ bis 2 *m* Höhe. Der Fluß führte in jener Jahreszeit nur wenig Wasser; sonst überschwemmt er das Land kilometerweit. Doch war das Ufergelände auch damals sumpfig, man war in den Bereich der Esteros geraten, und der Landbegleitung war es nicht mehr möglich, dem Fahrzeuge zu Pferde oder Maultier zu folgen.

Am 1. September mußte Herrmann auch mit seiner Chalana Halt machen. Es lösten sich zahlreiche kleine Arme vom Pilcomayo ab, und schließlich teilte er sich in zwei gleich große Arme, die mit Sandbänken, Bäumen und Gestrüpp erfüllt waren. Zur Beseitigung dieser Hindernisse wären Monate und viele Menschen nötig gewesen, man mußte also die Chalana verlassen und zu Fuß weiter ziehen. Schließlich vereinigten sich die beiden Flußarme wieder. Am 4. September aber fand man, daß der Pilcomayo sich in ein Netz von unzähligen Armen teilte, die durch sumpfiges Terrain flossen; man war in den aus Fries' Schilderung bekannten Patiño-Esteros, die nach Herrmann unter 24° 5′ südl. Br. liegen oder beginnen. Die Reisenden durchwateten, Kleidung, Flinte und Proviant auf dem Kopf tragend und oft bis zu den Schultern einsinkend, noch mehrere Arme des Pilcomayo. Es war sowohl unmöglich, weiter zu fahren, wie in der Nähe des Flusses weiter zu reiten, oder trocken zu gehen, und so trat Herrmann am 5. September zu Lande, am nördlichen Ufer aufwärts ziehend, den Rückweg an. In schnellem Marsche — einige Lebensmittel waren knapp — erreichte er am 19. September Guachalla. Er gedachte dann, den Oberlauf des Pilcomayo von dort bis San Franzisko (21° 20′ südl. Br.) aufwärts zu verfolgen, der schiffbar sein soll. Herrmann bemerkt, er habe den Mittellauf des Pilcomayo zwischen 22 und 24° südl. Br. erforscht und damit den Hauptzweck der Expedition erreicht. Das stimmt nicht ganz; denn er sollte den ganzen Pilcomayo hinunterfahren, bzw. auf seinen Wert als Verkehrsstraße untersuchen. Es geht aber aus dem Gesagten zur Genüge hervor, daß der Pilcomayo kein benutzbarer Wasserweg ist.

Über das Zurückgehen der Niagarafälle und den voraussichtlichen Einfluß ihrer geplanten wirtschaftlichen Ausnutzung äußert sich Prof. J. W. Spencer in einem Berichte der kanadischen Geolo-

gical Survey für 1905. Seine Untersuchungen begannen bereits 1890 und wurden 1904 bis 1905 zu Ende geführt; sie galten zuletzt der kanadischen Seite der Fälle. Deren Zurückgehen auf der amerikanischen Seite ist nur schwach. Von 1890 bis 1905 hat das Zurückgehen nur die Hälfte des Betrages der voraufgehenden 15 Jahre erreicht, und zwar hauptsächlich infolge des größern Widerstandes des Gesteines, dann auch infolge der Verringerung der Wassermassen durch die Niveauänderung des Eriesees. Nach Spencer wird das Zurückgehen nicht allein durch das Unterminieren des harten, überhängenden Sandsteines verursacht, sondern dadurch, daß dieser an Querspalten durchbrochen und schließlich abgetrennt wird, so daß das Wasser auf niedrigere Leisten aufschlägt. Eine besondere Eigenart der Kante des Falles ist der Wechsel zwischen einer breiten oder flachen Sichel und einer solchen mit keilförmigem Scheitel. Der Betrag des Zurückgehens war in den letzten 15 Jahren 0.67 *m* jährlich im Durchschnitte gegen 1.65 *m* zwischen 1875 und 1890. Von 1842 bis 1886 ist die Mitte des Falles um 87 *m* zurückgegangen, die folgenden Jahre bewirkten nur eine Erweiterung der Sichel. Neun Zehntel der gesamten Wassermasse des Niagara kommen durch den kanadischen Kanal, das Niveau des Flusses oberhalb wird durch eine Felsleiste von der Spitze von Goat Island bis fast bis zum kanadischen Ufer bestimmt. Da die größte der Kraftausnutzungsgesellschaften ihr Wasser vom Ende dieses Riegels entnehmen will, so muß der New-Yorkerseite ein großes Wasservolumen entzogen werden, weshalb auch die Wassermassen der kanadischen Seite in Mitleidenschaft gezogen werden. Die beabsichtigte Verringerung um 10 bis 15% würde den Kanal verengern und das Wasser von den flachern Teilen ablenken. Nach Spencer ist die dortige Grenze zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten nicht, der gewöhnlichen Annahme zufolge, veränderlich, sondern durch die Kommission von 1819 festgelegt. Sie läuft 100 *m* von Goat Island aus, indem sie alles außer einem Ende der Sichel der kanadischen Fälle auf kanadischem Gebiete läßt, und ist von dem tiefen Teile des Kanales nicht weit entfernt. Aus den Lotungen Spencers geht unter anderm hervor, daß dicht unter der Goat Islandplatte eine Tiefe von 58 *m* vorhanden ist.[1])

Seen und Moore.

Die Bodenseeforschung in ihrer geschichtlichen Entwicklung bildete den Gegenstand einer sehr interessanten Studie von Prof. Dr. S. Günther[2]), in welcher dieser mit der bei ihm gewohnten Gründlichkeit den Gegenstand darstellt.

---

[1]) Globus 1907. p. 179.

[2]) Schriften des Vereines für Geschichte des Bodensees 1906. Heft 35.

Im Gegensatze zum Genfer See ist die Erforschung des Bodensees erst in jüngster Zeit in Angriff genommen worden; wenig über drei Jahrzehnte sind erst dahingegangen, seitdem man auch ihm ein wirklich lebhaftes Interesse zuzuschreiben sich anschickte, um dann freilich auch um so energischer nachzuholen, was die Vergangenheit versäumt hatte.

Allgemeine geologisch-geographische Charakteristiken des Sees und seiner Uferlande reichen in die sechziger Jahre zurück; die ersten spezifisch entstehungsgeschichtlichen Arbeiten entstammen anscheinend dem Jahre 1874. Steudel bemühte sich um die Ermittlung der Zeit, zu welcher ungefähr der Bodensee seine gegenwärtigen Umrißlinien erhalten haben möchte, und Probst, einer der Veteranen der Glazialforschung, die er mit Umsicht und Hingebung, wiewohl auch mit mancherlei Zugeständnissen an eine kräftige Phantasie, betrieben hat, entwickelte neue Ansichten über den Charakter Oberschwabens, den er, wie wir heute sagen würden, als Moränenlandschaft definierte. Daß nunmehr auch andere Geologen, welche sich mit den Gletscherresiduen befaßten, dem Bodensee näher traten, liegt in der Natur der Sache, und vorzugsweise war es Pencks durchschlagendes Jugendwerk: „Die Vergletscherung der deutschen Alpen“, welchem auch für das hier in Rede stehende Territorium reiche Anregung zu entnehmen war. Später hat Sieger das Wesen der Drumlinlandschaft am Überlinger See schärfer präzisiert und im einzelnen festgestellt, daß man an gewissen Kriterien die Seehöhen vergangener Zeiten zu erkennen imstande ist. Miller gab (1877) zuerst eine Erklärung für den Ursprung des Sees, und insofern er denselben als Endergebnis tektonischer Kräfte auffaßte, konnte seine Ansicht auch die Billigung späterer Kreise finden; allerdings damit, daß der See, so wie dies Desor für gewisse Senken im Jura wahrscheinlich zu machen gewußt hatte, ein einfacher Klusensee in aufgesprengtem Faltensattel sein sollte, konnte sich die Folgezeit nicht einverstanden erklären, da in Wirklichkeit ungleich kompliziertere Vorgänge inmitte liegen. Auch im übrigen sind noch Abhandlungen aus der Feder Millers zu nennen. Er verbreitete sich auch über die geologische Geschichte des Untersees und des benachbarten Hegaus und über die Tieferlegung des Sees; das Wort Molassemeer, das jedoch schon vorher Escher v. d. Linth gebrauchte, dürfte die Wasserbedeckung der Bodenseegegend in der spätern Tertiärzeit nach den paläontologischen Funden von Schalch richtig kennzeichnen, während man längere Zeit den Petrefakten des nördlichen Seeuferstriches bloß eine limnische Fazies zuzuschreiben geneigt gewesen war. Jedenfalls müssen Probst und Miller mit Ehren unter den ersten Vertretern einer als Glazialgeologie zu so hohem Entwicklungsstande gediehenen Disziplin angeführt werden.

Bezüglich des Problems der Seebildung stehen sich zwei grundverschiedene Doktrinen gegenüber. Die eine (Ramsay, Tyndall)

befürwortet eine Ausfurchung der Seemulde durch die diluvialen Gletscher; nach der andern ist an eine Kombination von Einbrüchen, Hebungen und Wassererosion in erster, an die Detailarbeit der Gletscher nur in zweiter Linie zu denken, sowie für die nördlichen Voralpenseen A. Heim eine solche Entstehung schon zuvor als sehr plausibel hingestellt hat. Rothpletz tat dar, daß in einer nicht besonders weit zurückliegenden geologischen Vergangenheit der Rhein nicht seinen Lauf in den Bodensee nahm, sondern vielmehr Linth- und Limmattal durchfloß. Erst ein späteres Ereignis, die Verstopfung der Öffnung von Sargans, leitete die Herausbildung der uns Epigonen geläufigen hydrographischen Verhältnisse ein, wogegen vor dessen Eintritt Züricher-, Walen- und Bodensee eine einheitlich zusammenhängende, vom Rhein seitlich durchströmte Wassermasse dargestellt haben müssen.

Von anderweitigen hierher gehörigen Arbeiten nennt Prof. Günther die von Kellermann über die Beeinflussung der Lindauer Bucht durch die Rheinkorrektion und von Krapf über einige ebenfalls mit dieser zusammenhängende morphologische Gegenstände. Die Entwicklungsgeschichte des obern Donautales konnte Penck von einem weite Perspektiven gewährenden Standpunkte aus skizzieren, da ihm durch mehrjährige Studien das Glazialterrain zwischen Donau und Rhein völlig vertraut geworden war. Auch die Abzapfung des Donauwassers durch die Aach, deren Natur der Karlsruher Mineraloge Knop (1875) durch Versuche mit Kochsalz und Fluoreszin außer Zweifel gestellt hatte, findet eingehende Erörterung, indem zugleich des geschichtlichen Faktums gedacht wird, daß zuerst eine Tübinger Dissertation von Breuninger im Jahre 1719 dieser unterirdischen Verbindung zwischen den Gebieten der beiden größten auf deutschem Boden entspringenden Ströme Erwähnung tut.

Ziemlich viel ist im Laufe der Zeiten über die Wechselbeziehungen zwischen dem See und der Atmosphäre gearbeitet worden. Vielleicht die älteste Probe wissenschaftlicher Inangriffnahme einschlägiger Fragen stammt aus der Feder des bekannten Tübinger Meteorologen Schübler, dessen Ergebnisse teilweise ihre Bestätigung erhielten durch C. Heß in Frauenfeld, der das Gelände zwischen dem Überlinger See und dem Ruppen als Konvergenzgebiet zahlreicher Gewitterzüge charakterisierte. Mehrfach begegnen wir auf diesem Arbeitsfelde dem Bregenzer v. Seyffertitz. Man hat von ihm eine Studie über die Regenverhältnisse des Seebezirkes, über lokale Prognosen und vor allem über den Fallwind des Pfändergebirges. Dieser wird als „falscher Föhn" angesprochen; indessen ist der Autor, der sich auf Hann beruft, bezüglich der Definition dieser Windform ganz auf dem richtigen Wege. Als phänologisch interessant haben wir die Statistik der guten Weinjahre von Lanz anzuerkennen. Den bedeutendsten Beitrag zur Bodenseeklimatologie dürfte indessen eine Spezialschrift von Walter geliefert haben. In ihr wird

nämlich der Nachweis geführt, daß, wie dies von den großen nordamerikanischen Seen bereits bekannt war, die gewaltige Wassermasse des Schwäbischen Meeres eine gewisse Wirkung auf die atmosphärischen Zustände in dem Sinne ausübt, eine Annäherung des Klimacharakters an den maritimen Typus herbeizuführen. Die Isothermen lassen im Bereiche des Sees eine unverkennbare Ausbiegung hervortreten.

Hydrologisch wertvoll ist ein Aufsatz des Physikochemikers Hoppe-Seyler über die Gasabsorption im Bodenseewasser; den Anlaß dazu hatten die Untersuchungen von Jacobsen in Rostock über das Verhalten der im Meerwasser eingeschlossenen Kohlensäure gegeben. Eine gute Grundlage für die Beurteilung der thermischen Ökonomie des Sees schuf durch seine systematisch angestellten Messungen Regelmann. Große Verdienste hat sich nicht bloß um den Bodensee als solchen, sondern um die Physik der Binnenseen überhaupt, Graf E. Zeppelin erworben. Mit großer Energie hat er auf die Auseinanderhaltung der dem See eigentümlichen Bewegungsformen hingearbeitet, und es ist ihm gelungen, die Grundwellen völlig von dem Laufen des Sees („Ruhß“) zu trennen, welches als echte und unzweifelhafte Seichesbewegung erkannt wurde. Was wir von den stehenden Wellen des Bodensees wissen, worüber zuvor die seltsamsten Meinungen verbreitet waren, das dankt man dem unermüdlichen Eifer des Grafen, welchem, wie er erwähnt, der in allen Launen seines Sees bewanderte Fischer Steinam als Berater zur Seite stand. Auch von einer andern Studie des gleichen Autors ist noch Akt zu nehmen. Graf Zeppelin hat ein gewaltiges Material über jene merkwürdigen Detonationen zusammengebracht, die man in der Schweiz und in Südwestdeutschland nicht ganz selten vernimmt, und die man zu den „geophysischen Rätseln“ rechnet. Mag auch neuerdings die Ansicht, daß diese „Bodenknalle“ endogener Herkunft seien, mehr Anhänger als die ältere gewonnen haben, nach welcher die dumpfen Töne aus dem Wasser oder aus der Luft stammen sollten, so wird jener Publikation doch immer die Bedeutung einer Fundgrube für weitere Nachforschung verbleiben.

Die lakustre Biologie fand in dem rührigen Miller in neuerer Zeit einen ersten Bearbeiter. Allgemeinere Fragen über die pelagische Seefauna stellte Steudel zur Diskussion. Die hervorragendste Einzelleistung zoologischen Inhaltes geht aber auf den berühmten Freiburger Deszendenztheoretiker Weismann zurück. Er hat u. a. die Anregung zur Prüfung gegeben, ob die Tierwelt im Bodensee einen Anhaltspunkt dafür gewähre, jenen in die Reihe der Reliktenseen zu stellen.

Dem Bodenseevereine wird von Prof. Günther das Lob gezollt, daß er die Unzulänglichkeit der von ihm selbst aufzubringenden Kräfte und Mittel objektiv erfaßt und sie durch Werbetätigkeit zu verstärken gestrebt hat. Als erster Uferstaat wurde Württemberg

für die wissenschaftlichen Zwecke einer einheitlich geregelten Bodenseeforschung gewonnen, später folgten Baden, Bayern, Österreich und die Schweiz nach, und im September 1886 trat in Friedrichshafen eine Kommission zusammen, um sich über die nächsten und weitern Schritte schlüssig zu machen. Das vereinbarte Programm verlangte zuerst eine Originalkarte im Maßstabe 1 : 25 000, resp. für das größere Publikum 1 : 50 000 und weiterhin je eine Serie physikalisch-geographischer und biologischer Untersuchungen: Ermittlungen über die chemische Zusammensetzung des Seewassers, über seine Durchsichtigkeit, Farbe und Temperatur in horizontaler und vertikaler Verteilung, endlich über die Bewegungsphänomene, von denen die Seiches am meisten in Betracht kommen. Dann: Erforschung der Pflanzen- und Tierwelt, und zwar wiederum nach ganz bestimmten Grundsätzen.

Sehr zu billigen ist der Beschluß, die Forschungsresultate nicht als gesonderten Abdruck vor die Öffentlichkeit zu bringen, sondern sie dem Bodenseegeschichtsvereine für seine regelmäßig erscheinenden Denkschriften zu überlassen. Damit wurde bereits ein vielversprechender Anfang gemacht. Die bezüglichen Arbeiten erhalten in den einzelnen Heften einen eigenen Platz mit der durchlaufenden Überschrift Bodenseeforschungen angewiesen. Die „Abschnitte“, die in den ersten Jahren seit Organisation der Forschungstätigkeit berichten, stellt Günther in einer Note zusammen.

Die geophysikalischen Verhältnisse des Bodensees stellte C. B. Klunzinger dar.[1]) Die Uferzone des Bodensees, welche dem unmittelbaren Einflusse der Wellen ausgesetzt ist, zeigt zum Teile die Wirkungen der Erosion (Ausnagung, Ausspülung), zum Teile die der Anschwemmung (Alluvion). Die der Ausspülung ausgesetzten Uferstrecken zeigen, in der Folge von außen nach innen, den nur bei starkem Hochwasser von den Wellen erreichten Uferrand, den nur indirekt, durch Unterspülung von den Wellen beeinflußten Steilrand, den mit Geröll und Sand bedeckten, schräg abfallenden, schon ganz im Bereiche der Wellen gelegenen Strand und die sogenannte Wysse, eine nahezu horizontale, durch Ablagerung von Material durch die rückläufigen Wellen gebildete Ebene, welche schließlich in Gestalt einer Halde gegen das offene Seebecken abfällt; das angeschwemmte Ufer, welches sich nur an den Mündungen von Flüssen oder Bächen findet, endet mit einem gleichfalls gegen den Seegrund abfallenden Schuttkegel. Selbstverständlich sind die hier gekennzeichneten Uferformen nicht überall vertreten, sondern lokal begrenzt.

---

[1]) Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde **2**. p. 97 ff. Referat darüber von R. v. Hanstein in Naturwiss. Rundschau 1907. Nr. 32, woraus oben der Text.

Im Gegensatze zur Uferzone ist der Seekessel oder die Tiefenzone des Sees durch die bedeutende Tiefe (9 *m* und mehr) dem Einflusse der Wellen entzogen. Böschungen von verschieden starkem Gefälle verbinden die Uferzone mit der mehr oder weniger horizontalen Sohle, welche sich in 200 bis 252 *m* Tiefe befindet. Mehrere, den Bodensee in seiner ganzen Breite überquerende, wenngleich nicht sehr bedeutende Erhebungen zerlegen den Boden in vier gesonderte Tiefbecken oder „Schwebe": ein großes, mittleres („tiefster Schweb"), zwei am obern Ende gelegene (Bregenzer und Lindauer Schweb, mit 62,8, bzw. 77,8 *m* größter Tiefe) und das Tiefbecken des Überlinger Sees (147,1 *m*). Über die Eingangsböschung an der Einmündung des Rheines und den dieselbe begrenzenden Schuttkegel hinab zieht sich, in der Fortsetzung des Rheinbettes, von Südosten bis Nordwesten etwa 8.25 *km* weit ein unterseeisches Rinnsal, bis zur Tiefe von 205 *m*. An der Mündung des Argen biegt es rechtwinklig ab und verläuft 3.5 *km* weit nach Südwesten, um sich schließlich in der Eingangsböschung des Seekessels zu verlieren. Die Breite des Rinnsales, das wie ein oberirdisches Flußbett gewunden ist, wechselt zwischen 330 und 825 *m*, meist beträgt sie 500 bis 600 *m*. Klunzinger neigt der Annahme zu, daß es sich hier um einen Rest des ursprünglichen Flußbettes handele, und weist darauf hin, daß ein zweites Rinnsal sich 5 *km* weit vom Altenrhein bis Romanshorn verfolgen läßt, welches der ursprünglichen Mündung des Rheines entspreche.

Der Untersee, der als ein südlicher Arm des Bodensees zu betrachten ist, ist durch Anschwemmungen, Bachgeschiebe usw. verhältnismäßig seicht geworden. Er zerfällt in ein großes Hauptbecken von 46.4 *m* größter Tiefe und zwei kleinere (größte Tiefe 45.7 *m* und 32.4 *m*); als viertes und fünftes sind der Zeller- und der Gnadensee zu betrachten.

Der Grund und Boden des ganzen Bodensees ist mit Sinkstoffen bedeckt, welche, hauptsächlich aus Zuflüssen stammend, aus feinem Schlamme und Schlicke bestehen. Einen geringern Anteil nehmen die aus dem See selbst stammenden Krustazeen- und Diatomeenpanzer, Schiffsabfälle u. dergl. m. Die jährliche Zufuhr von Sinkstoffen beträgt 4 Mill. *cbm*; da der Rauminhalt des Gesamtsees nach der Berechnung von Penck rund 49 Mill. *cbm* beträgt, so würde die Ausfüllung des ganzen Sees durch die Geschiebe etwa 12500 Jahre dauern.

Geologisch stellt sich das Bodenseegebiet als Tertiärmulde zwischen Alpen und Jura dar. Über die Entstehung des Sees stehen sich verschiedene Hypothesen gegenüber. Die eine (Lyell, Rütimeyer, Heim, Forel u. a.) führt die Bildung des Sees auf Erosion (altes Rheintal) mit nachfolgender tektonischer Verbiegung (Senkung des obern und entsprechende Hebung des untern Teiles) zurück, während andere (Ramsay, Penck) eine Entstehung durch Gletschererosion annehmen.

Außer den periodischen Schwankungen des Wasserstandes, wie sie durch die stärkern Schneeschmelzen (Juni, Juli) oder durch die winterliche Verminderung des Wasserzuflusses (Januar, Februar) bedingt sind, kommen zuweilen außerordentliche Erhöhungen des Wasserspiegels vor, so im Mai, wenn nach spätem Schneefalle plötzlich ein Abschmelzen durch warme Winde bei gleichzeitigen starken Regenfällen erfolgt, oder im September nach starkem Herbstregen. Die durch den Rhein hervorgerufene Strömung ist, wegen der Weite des Seebeckens, unmeßbar gering; andere Strömungen und Schwankungen werden, wie in allen Seebecken, durch den Wind und durch thermische Änderungen bedingt; außer den Wellenbewegungen sind auch die als „Seiches" bezeichneten rhythmischen Schwankungen zu erwähnen, die im Durchschnitte etwa 2 *cm* betragen.

Die chemische Untersuchung ergab, daß das Bodenseewasser sehr rein ist. Schon Hoppe-Seyler wies nach, daß das Wasser mit Sauerstoff und Stickstoff nahezu gesättigt sei, daß aber nach der Tiefe zu der Sauerstoffgehalt abnehme, was auf den Verbrauch des Sauerstoffes durch die Organismen zurückzuführen ist. Der Bodengrund ist reich an SiO_2 (50 bis 53%), Kalk (22%), Tonerde (16 bis 18%) und Eisen (5 bis 6%).

Die Temperatur des Oberflächenwassers betrug während der nahezu zweijährigen Beobachtungsperiode vom 1. August 1889 bis 3. Juli 1891 im Mittel 10.1°; das Maximum 22.6°, das Minimum 1.8°. Die Häfen zeigten im Durchschnitte eine etwas niedrigere Temperatur mit größerer Schwankung, der Untersee war etwas wärmer. Die mittels Tiefseethermometers bei Friedrichshafen festgestellten Tiefentemperaturen ergaben in den größern Tiefen nur geringe Schwankungen um etwa 4°. Zu gewissen Zeiten, so im Januar 1890 und 1901, im März 1890 und im April 1891 fand sich in allen Schichten des Seewassers eine gleiche Temperatur von 4°, sonst zeigt sich eine thermische Schichtung des Wassers, wobei natürlich die tiefsten Schichten stets das spezifisch schwerste Wasser von 4° enthalten. Im Frühjahre, Sommer und Herbste nimmt die Temperatur nach der Tiefe zu ab, im Winter ist es umgekehrt, bei meist geringem Temperaturunterschiede, da auch das Oberflächenwasser selten unter 2° sinkt. Die Temperatur des Rheines oberhalb Bregenz ist im Frühjahre höher, zu allen andern Zeiten niedriger als die des Wassers der Seeoberfläche. — Die Menge der im Seewasser während der warmen Jahreszeit aufgespeicherten Wärme beträgt 180 bis 200 Billionen Wärmeeinheiten, die dann im Herbste und Winter abgegeben werden. Hieraus erklärt sich das gemäßigte Seeklima, das seltene Zufrieren des Sees im Winter, dessen Milde auch durch die herrschenden Winde bedingt wird, und die große Fruchtbarkeit. Charakteristisch für das Seeklima sind die häufigen Herbst- und Winternebel.

Die nach der Secchischen Methode (Versenken einer runden, weiß angestrichenen Scheibe von 20 *cm* Durchmesser bis zum Un-

sichtbarwerden derselben) an fünf Stationen mehrere Jahre hindurch zweimal monatlich vorgenommene optische Prüfung des Bodenseewassers ergab, daß die Sichtbarkeitsgrenze im Winter durchschnittlich bei 6.6 *m*, im Sommer bei 4.49 *m* erreicht wurde. Die geringere Durchsichtigkeit im Sommer erklärt sich durch den größern Reichtum an Organismen und an Sinkstoffen, sowie durch die ausgesprochene thermische Schichtung, welche mehr Stäubchen schwebend erhält. Die mittels lichtempfindlicher Chlorsilberplatte festgestellte Grenze der absoluten Dunkelheit lag im Sommer bei 30 bis 40 *m*, im Winter bei 50 *m*. Die Grenze liegt also nur halb so tief als im Genfer See, ein Umstand, der noch nicht völlig erklärt, vielleicht durch die verschiedene Färbung des Wassers in beiden Seen bedingt ist.

Prüfung mit der Forelschen Farbenskala ergab für den westlichen Teil des Bodensees dunkelgrüne (Skala VI und VII), für den östlichen mehr gelbliche Färbung, wohl unter dem Einflusse des grünen Rheinwassers.

Eine eigenartige, noch nicht ursächlich aufgeklärte Lichterscheinung, die von den Schiffern als Vorbote eines Sturmes angesehen wird, ist das Auftreten einer großen kreisrunden Fläche, welche die Regenbogenfarben in konzentrischer Anordnung zeigt. — Auch das sogenannte Seeschießen, ein bei beginnender Dunstbildung nach vorher hellem Wetter, am häufigsten bei Föhn, von verschiedenen Schweizer Seen in der Zeit von Frühling bis Herbst häufig beobachtetes Knattern oder Klopfen, oft an ferne Kanonenschüsse erinnernd, ist noch nicht mit Sicherheit erklärt.

Die Niveauschwankungen des Chiemsees wurden von Dr. Anton Endrös beobachtet und studiert.[1]) Während bisher fast ausschließlich Seen mit ausgesprochener Längsrichtung auf ihre Schwingungsverhältnisse hin untersucht wurden, liegt hier zum ersten Male die eingehende Untersuchung eines Sees vor, der fast die gleiche Breiten- wie Längenausdehnung hat. Dazu kommt noch eine sehr komplizierte Umriß- und Beckenform mit sieben größern Ausbuchtungen und drei Inseln. Den Chiemsee kann man daher hinsichtlich seiner Schwingungsverhältnisse mit einer schwingenden Platte (einer sogenannten Chladnischen Klangplatte) vergleichen, welche wechselnde Dicke, viele Einschnitte und ganz unregelmäßige Umrißform besitzt, wobei noch Teile aus der Platte in Gestalt der Inseln ausgespart sind, im Gegensatze zu den Langseen, welche passend mit schwingenden Saiten verglichen worden sind. Demgemäß sind auch die Schwingungsformen, wie sie die Untersuchung ergeben hat, äußerst mannigfach und kompliziert.

Der Chiemsee hat drei uninodale Schwingungen von je 54, 41 und 36 Minuten Periodendauer (diejenige von 41 Minuten Dauer ist

---

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 21.

die Hauptschwingung), eine binodale Schwingung des ganzen Beckens von $28^1/_2$ Minuten Dauer (die als nächste Oberschwingung zu der 36 Minutenseiche gelten muß) und elf andere mehrknotige Schwingungen, ohne die von weniger als 3 Minuten Dauer zu zählen. „In die Beobachtungszeit fällt der Eintritt der Seespiegelsenkung des Chiemsees um rund 70 *cm*, und es bot sich daher Gelegenheit, den Einfluß der starken Wasserstandsänderung, welche mit dem wechselnden Pegelstande zusammen 1.66 *m* betrug, auf die Seiches zu untersuchen. Durch diese Verringerung der Tiefe wurde also, um auf den Vergleich mit der schwingenden Platte zurückzukommen, die Dicke derselben merklich verringert und außerdem auch die Größe derselben, da bei der Seichtheit der Ufer die Seefläche des Chiemsees von 90 *qkm* bei dem höchsten Wasserstande der Beobachtungszeit bis 78 *qkm* bei dem niedrigsten zurückging, also um 14% der Seefläche bei Mittelwasser sich verkleinerte. Es ist daher begreiflich, daß die Tieferlegung einen bedeutenden Einfluß auf die Seiches des Sees ausüben mußte. In der Tat wurde einmal die Dauer der größern Zahl Schwingungen zum Teile bedeutend verringert; so nahm die Hauptschwingungsdauer von 44.05 bis 39.34 Minuten ab, das ist um 11% ihres Mittelwertes. Der Theorie nach sollte die Dauer mit Abnahme der Tiefe zunehmen, aber die Abnahme der Fläche überwiegt die erstere an Größe, und ihr proportional nimmt auch die Dauer ab. Ferner traten bei niedrigem Wasserstande einzelne Schwingungen gar nicht mehr auf oder andere viel seltener und mit kleinerer Amplitude als früher, während dafür wieder andere neu dazukamen und schon vorhandene häufiger und mit größerer Amplitude angetroffen wurden. Durch Veränderungen der Seedimensionen nur auf einer Seite des Knotens muß nämlich der Knoten gegen die andere Seite verschoben werden und je nach der größern oder geringern Entfernung desselben gegen eine Beckenunregelmäßigkeit kann eine Schwingung stabiler oder instabiler werden.

Diese Ergebnisse wie auch die gesamten Schwingungszustände unseres Sees stehen im allgemeinen mit der neuen Chrystalschen Theorie vollständig im Einklange. Doch ist eine exakte Berechnung der Perioden und der Lage der Knoten, wie sie Chrystal und Maclagan-Wedderburn in letzter Zeit an den regelmäßig geformten schottischen Langseen Earn und Treig vorgenommen haben, am Chiemsee nicht möglich, da die Theorie in ihrer Strenge für so breite Seen sowohl wie für Seen mit plötzlichen Querschnittsänderungen, wie sie unser See besitzt, nicht mehr gilt."

Die Seen und Sölle Neuvorpommerns und Rügens hat A. Bellmer untersucht,[1]) doch erstrecken sich diese Untersuchungen nur auf eine Anzahl besonders typisch erscheinender Beispiele:

---

[1]) X. Jahresbericht d. Geogr. Ges. zu Greifswald 1907.

Während im Bereiche des eigentlichen baltischen Landrückens, in Ostholstein, in Mecklenburg, in der Uckermark, in Hinterpommern und in West- und Ostpreußen, die Seen das herrschende Element der Landschaft bilden und ihr den typischen Charakter verleihen, der in der Bezeichnung „Baltische Seenplatte“ zum Ausdrucke kommt, treten sie in Vorpommern und Rügen nur in geringerer Zahl auf. Die Gründe hierfür sind in der verschiedenen geologischen Entwicklung beider Gebiete zu suchen. Im Bereiche des heutigen baltischen Landrückens wurde das Inlandeis bei seinem letzten Vorstoße durch die stauende Wirkung der in der vorhergegangenen Interglazialzeit entstandenen tektonischen, nämlich schollenförmigen Dislokationen des Grundgebirges und ältern Glazials, wesentlich gehindert. Infolgedessen gelangte das Grundmoränenmaterial hier am Rande des Ostseebeckens in beträchtlichern Massen und in ungleichmäßigerer Verteilung zum Absatze. Es entstand ein stattlicher Höhenzug, der baltische Landrücken. Aufpressungen und Stauchungen von seiten des Eises im Zusammenhange mit mannigfachen Oszillationen bei dessen Zurückweichen schufen das vielgestaltige Relief der Grund- und Endmoränenlandschaft, deren integrierender Bestandteil die zahllosen Seen sind. Unzählige wallartige Bodenwellen und kuppenförmige Hügelgruppen treten in wirrer Regellosigkeit zusammen und umschließen ebensoviele in ihren Umrissen mehr oder weniger unregelmäßig gestaltete, größere und kleinere, abflußlose Senken, die, teils wegen ihrer Lage im Grundwasserniveau, teils wegen der Undurchlässigkeit des Bodens mit Wasser oder Moorbildungen erfüllt, die vielen Seen, Sölle, Sümpfe oder Moore dieser Gegenden bilden. Anders in Vorpommern und auf Rügen. Sie gehören der nördlichen Vorstufe des baltischen Landrückens an und stellen eine wenig gegliederte, schwach undulierte Ebene dar, in welcher Stauchungen und Aufpressungen seitens des Eises keine oder eine nur untergeordnete Rolle spielten. Sie sind vielmehr Gebiete gleichmäßiger glazialer Ablagerung mit dem Charakter der Grundmoränenebene, die nur in geringem Grade, einerseits durch das Einschneiden breiter, flacher Rinnen und Täler durch die Schmelzwasser des Eises, anderseits durch aufgesetzte Gruppen von Kames und niedrigen Asrücken, sowie endlich durch eine Anzahl streifenartiger Blockanhäufungen, Produkte kurzer Stillstandslagen des Eisrandes, lokal eine etwas reichere Gliederung erfahren hat.

Nur im Südostwinkel Neuvorpommerns, im Gebiete zwischen Anklam und Wolgast, ist eine stärker kupierte Moränenlandschaft mit einer größern Zahl gesellig auftretender Seen, man könnte sie als neuvorpommersche Seenplatte bezeichnen, zur Ausbildung gelangt. Sonst sind größere Bodensenken mit Seen bei der Einförmigkeit der Oberfläche recht spärlich vorhanden. Während z. B. Mecklenburg nach E. Geinitz ca. 650 Seen aufzuweisen hat, wobei die Größenverhältnisse allerdings in weiten Grenzen schwanken, befinden sich in Neuvorpommern nur ca. 20 Seen, eine Zahl, welche sich freilich etwas erhöht, wenn man den Begriff „See“ auf einige größere Sölle ausdehnt, außerdem berücksichtigt, daß ein Teil in der Postglazialzeit noch vorhandener Seen inzwischen durch Vermoorung oder künstliche Entwässerung trocken gelegt und erloschen ist. Alle Abstufungen dieses Prozesses, vom offenen See zum Sumpfe oder zur schwimmenden Pflanzendecke mit einer „Blänk“ in der Mitte und schließlich zur trockenen Moorwiese treten in unserm Gebiete auf. Immerhin ist Neuvorpommern im Vergleiche zur Seenplatte als seenarm zu bezeichnen.

Dasselbe ist auch bei Rügen der Fall, trotzdem dieses Eiland mit seiner reichen Gliederung der Küstenumrisse eine nicht weniger mannigfache Gestaltung der Oberfläche verbindet. In den westlichen Teilen des eigentlichen Rügens herrscht die flache Grundmoränenebene mit aufgesetzten Asar und Kames. Im Osten, vor allem in der Granitz, ist zwar Moränenlandschaft entwickelt, doch sind die Senken derselben klein, und als See ist nur eine einzige Bodenvertiefung, der Schwarze See, anzusprechen. Einen besondern Geländetypus stellt die östliche Hälfte der Halbinsel Jasmund dar, wo „durch Verknüpfung von Tektonik des Kreidegrundgebirges mit glazialer Bodenplastik“

ein äußerst unruhiges Relief mit zahlreichen, meist abflußlosen Senken erzeugt wurde; nichts destoweniger fehlen ihm, heutzutage wenigstens, Seen bis auf wenige Vorkommen (Herthasee usw.) fast ganz. Überhaupt kommen auf Rügen nur zwölf Seen vor, von diesen sind nur fünf an die dortige Glaziallandschaft geknüpft; die übrigen gehören zur Kategorie der Strandseen.

Auch an Größe können diese Seen einen Vergleich mit denen der Seenplatte nicht bestehen. An erster Stelle steht der Borgwallsee, der mit 3.75 *qkm* schon alle übrigen bei weitem überragt. Dann folgt der Crummenhagener mit 2.3 *qkm*, darauf der Große See bei Pinnow mit 0.71 *qkm*. Daran schließen sich mit geringen Größenschwankungen die übrigen Seen; der kleinste von Bellmer untersuchte ist der Herthasee mit 0.02 *qkm*.

Mit den Arealgrößen stehen die absoluten Tiefen nicht im Einklange. So hat der dem Areale nach an der Spitze stehende Borgwallsee nur eine Maximaltiefe von 4 *m*, während der Herthasee mit 0.02 *qkm* Areal 11 *m* als größte absolute Tiefe aufzuweisen hat.

Instruktiver als diese absoluten Tiefenwerte, ist, namentlich für Vergleiche dieser Seen mit denen anderer Gebiete, die Feststellung der relativen Tiefe, d. h. des Verhältnisses zwischen der maximalen Tiefe eines Sees und der Quadratwurzel aus dem Areale der Oberfläche.

Diese relative Tiefe beträgt beispielsweise bei dem

	Areal	Maximale Tiefe	Relative Tiefe
Müritzsee (Mecklenburg	133 *qkm*	22 *m*	525 *m*
Gr. Plöner See (Holstein) ...	47 „	60 „	113 „
Höftsee (Holstein)	0.3 „	19 „	30 „
Dampensee (Hinterpommern) .	0.07 „	26 „	10 „
Borgwallsee	3.75 „	4 „	484 „
Püttersee	0,48 „	7.25 „	96 „
Großer See (Pinnow)	0.71 „	15 „	56 „
Kleiner See (Pinnow)	0.026 „	8 „	20 „
Schwarzer See (Granitz)	0.03 „	10 „	17 „
Berliner See	0.069 „	16,5 „	16 „
Herthasee	0.02 „	11 „	13 „

Die Tabelle zeigt, daß der Borgwallsee den größten Mecklenburgs, die Müritz, an relativer Tiefe überragt, dagegen hinter dem größten See Holsteins, dem Großen Plöner See, weit zurücksteht. Die kleinen Seen haben eine beträchtliche relative Tiefe.

Unter Söllen versteht man jene kleinen, teils wassererfüllten, teils von Moorbildungen eingenommenen, kreisförmigen bis ovalen Bodensenken. Ihre Verbreitung ist wie im übrigen Norddeutschland so auch hier eine äußerst ungleichmäßige, in gewissem Sinne schwarmförmige. Während z. B. auf Meßtischblatt Rostock nach E. Geinitz 760, auf Blatt Kirch-Mulsow 550 Sölle liegen, finden sich auf Blatt Greifswald nur ca. 30 Bodensenken, die den Namen „Soll" verdienen.

Was den Ursprung der Sölle anbelangt, so lassen sich die bisher aufgestellten Hypothesen wie folgt zusammenfassen:

1. Die Sölle sind ihrer Mehrzahl nach ursprüngliche, gleichzeitig mit dem Aufbaue des Bodens entstandene Formen.

2. Die Sölle sind nachträglich entstandene Bodenformen, und zwar sind sie gebildet:

a) durch Erdfälle infolge Auslaugung;
b) durch Erdfälle, bzw. Nachsacken über „totem Eise";
c) durch Evorsion.

Von einer endgültigen Stellungnahme zu diesen verschiedenen Erklärungsversuchen sieht Dr. Bellmer ab.

Der Saltonsee in Kalifornien. Nördlich vom Mündungsgebiete des Koloradostromes hat sich zu Anfange des Jahres 1906 ein Vorgang ereignet, der zur Entstehung eines neuen Sees führte. Es ist der Durchbruch des Kolorado gegen Westen und Norden, und die dadurch erfolgte Bildung eines Sees auf einem großen, unter dem Meeresspiegel liegenden, bis dahin vor Überschwemmung geschützten Gebiete. Der See führt nach einem benachbarten Städtchen den Namen Saltonsee. Er ward gespeist durch den Koloradostrom, von dem seit Frühling 1906 kein Tropfen mehr den Golf von Kalifornien erreicht. Über dieses gewaltige Ereignis lagen bisher nur wenige zuverlässige Mitteilungen vor, jetzt hat indessen Professor Dr. H. Erdmann im 2. Heft 1907 von Petermanns Mitteilungen auf Grund eigener Beobachtungen an Ort und Stelle im Herbste 1906 eine zuverlässige Darlegung der Tatsachen gegeben. Hiernach unterliegt es keinem Zweifel, daß das Unglück die Folge der Anlage eines Kanales ist, den amerikanische Ingenieure unterhalb Yuma vor etwa fünf Jahren anlegten, um zu Bewässerungszwecken einen Teil des Kolorado in das tiefere Gebiet nach Westen und Norden abzulenken. Dieses Gebiet bildete, wie Prof. Erdmann des nähern schildert, in vorgeschichtlicher Zeit einen Teil des Golfes von Kalifornien, wurde aber durch die Sedimente, die der Kolorado absetzte, allmählich vom Golfe abgeschnitten. Es entstand zunächst ein salziger Binnensee, der endlich aus Mangel an Zufluß völlig eintrocknete und eine Bodendepression hinterließ, die zu Ende des 19. Jahrhunderts auf den Karten zu 91 *m* unter dem Meeresspiegel angegeben wurde. Im nördlichen Teile dieser Salzsteppe wurde die südpacifische Eisenbahn durchgeführt, während man im Süden im alten Schwemmgebiete des Kolorado die Schaffung von Ackerbaukolonien in Angriff nahm, und Tausende von Kolonisten hier tätig wurden. Zur regelmäßigen Bewässerung dieses Gebietes wurde der oben erwähnte unheilvolle Kanal angelegt. In diesen bohrte sich der Kolorado aber mehr und mehr ein, so daß etwa seit einem Jahre seine ganze Wassermasse hierhin strömt, und der so neu entstandene Saltonsee ununterbrochen steigt. Die alte Eisenbahnlinie mußte verlegt werden, die neue ist aber auch schon bedroht und konnte, als Professor Erdmann sie im Oktober 1906 benutzte, nur noch mit Vorsicht befahren werden. Nach den von Professor Erdmann mitgeteilten Daten lag die Fläche des Saltonsees im Januar 1906 77 *m* unter dem Seespiegel, im Oktober nur noch 65 *m*, und die Oberfläche des Sees hatte sich während dieser neun Monate von 650 auf 1224 *qkm* vergrößert. Der tägliche Zufluß wird auf $40^1/_2$ Millionen Kubikmeter geschätzt. Im November 1906 gelang es nach ungeheuern Anstrengungen, den Kanal, durch den der Strom sich in das Tiefgebiet ergoß, zu schließen, aber Mitte Dezember durchbrach er von neuem die Schutzdämme, und die Überschwemmung ist wieder im Zunehmen. Professor Erdmann

hält für fraglich, ob es selbst unter Aufbietung der größten Mittel möglich sein wird, den Kolorado wieder in sein früheres Bett zu zwingen. Geschieht dies nicht, so wird nach Jahr und Tag die ganze Depression des Bodens von Wasser bedeckt, und der Golf von Kalifornien wie voreinst 250 *km* weiter nach Norden reichen.

Im Februar 1907 hat Dr. D. T. Mac Dougal im Auftrage des Desert Laboratory der Carnegie Institution (Washington) eine Studienreise ausgeführt und den Saltonsee in einem Segelboote umfahren. Der See hatte damals eine Länge von über 50 englischen Meilen und ein Areal von etwa 700 Quadratmeilen. Das wären rund 80 *km*, bzw. 1800 *qkm*, und das bedeutet, daß der See in den vier Monaten seit Anfang Oktober 1906 um ein Drittel an Flächeninhalt gewachsen ist. Obgleich der Bruch in den Ufern des Koloradoflusses, aus dem der Hauptkanal zu dem See führt, am 10. Februar 1907 geschlossen wurde, so ließen doch kleinere Kanäle und die Durchsickerung genügend Wasser zu dem See gelangen, so daß man erwarten konnte, daß sein Wasserstand im nächsten Monate unverändert bleiben würde. Man meint daher, daß in diesem Jahre die Verdunstung den Zufluß nicht um mehr als 50 Zoll (125 *cm*) übertreffen wird. Es wurden fünf Stationen angelegt, die untersuchen sollen, wie mit dem Fallen des Sees sein Becken durch Anpflanzungen der Kultur wieder zurückgewonnen werden kann. Ein zweites Becken wurde südlich vom Salton zwischen den Cucopabergen und der Hauptkette von Niederkalifornien in Mexiko mit dem Wagen durchfahren, wobei die Ufer eines Sees berührt wurden, der es teilweise füllt. Dieses Becken scheint häufigern Überflutungen aus dem Delta ausgesetzt zu sein, und 1905 bildete sich ein 50 *km* langer und 25 *km* breiter See, der jetzt auf den dritten Teil dieser Ausdehnung zusammengeschrumpft ist. Die Expedition brachte im übrigen wichtige Beobachtungen über Pflanzen- und Tierleben in salzigem Wasser, heißen Quellen und Lehmwüsten heim.[1])

Im Mai 1907 umfaßte nach einer Mitteilung von Prof. Bigelow[2]) der See eine Fläche von 45 engl. Meilen Länge und 10 bis 15 Meilen Breite, und sein Spiegel lag 205 engl. Fuß unter dem mittlern Niveau des Pacifischen Ozeans. In einem Zeitraume von 10 oder 12 Jahren wird er nach Bigelows Meinung ausgetrocknet sein. Die Tiefe betrug im Mai 1907 noch bis zu 87 Fuß. Die gegenwärtigen Verhältnisse des Sees und seiner Umgebung bieten eine besonders günstige Gelegenheit zum Studium der Verdunstung, und Prof. Bigelow hat die Anlage einer Station im See selbst zur Messung der Verdunstung vorgeschlagen. Eine von der Regierung nach Kalifornien entsandte Kommission hat eine Karte des Sees und seiner Umgebung veröffentlicht, die auf Tafel V reproduziert ist. Die Lage

---

[1]) Science **25**. p. 439, durch Globus p. 340.
[2]) Monthly Weather Review **1907**. June. p. 311.

der vorgeschlagenen Station für Messung der Verdunstung ist durch einen Punkt mit umgebendem Ringe angezeigt.

Der Lopnor. Die Umgebung desselben, besonders die Gebiete im Osten des Sees, hat Ende 1905 Prof. Ellsworth Huntington, ein Mitglied der amerikanischen Expedition nach Ostturkestan, bereist, worüber er im „Bull. of the American Geographical Society" (1907) einen nähern Bericht erstattet hat (Übersichtsskizze auch „Geogr. Journ.", Bd. 28, S. 355). Infolge der Kälte (es war Winterszeit), der Spärlichkeit des Brennmateriales, des Wassermangels und der schlechten Gangbarkeit des Bodens war die Reise reich an Schwierigkeiten und Entbehrungen. Die ganze sandige Ebene im Osten des heutigen Sees hält Huntington für das alte Bett eines viel ausgedehntern Sees; sie wird zum großen Teile aus Salzablagerungen gebildet, ihre Oberfläche gleicht mit den festgefrorenen, 1 bis 2 Fuß hohen weißen Kämmen einem bewegten Meere. Manchmal nimmt das Salz die Form fünfseitiger Prismen von $1^1/_2$ bis $3^1/_2$ *m* Durchmesser an. Die alten chinesischen Berichte von einem grundlosen Schlamme, in dem Roß und Reiter völlig versinken, erhielten eine gewisse Bestätigung: denn die Ebene bildete gelegentlich Löcher mit feuchtem und ziemlich weichem Boden, dessen Betreten gefährlich war; einmal brach auch ein Kamel, das der Reisende ritt, durch die salzige Kruste 1 *m* tief in den weichen, schlammigen Schmutz ein und konnte nur mit Mühe herausgezogen werden. Am Nordrande des Beckens wechselte das Gelände zwischen erhöhten Halbinseln oder langen Inseln aus äolischem „Mesalehm" und Buchten und Tiefen von gleicher Ausdehnung, deren Achse überall nordöstlich oder südwestlich verlief. Die Vertiefungen sind nach Huntington vom Winde während der trockenen Periode ausgehöhlt worden, die der letzten Ausdehnung des Sees vorangegangen ist. Anderwärts ging der Marsch über eine phantastische rote Ebene (das weiche, trockene Bett einer ältern Ausdehnung des Sees) mit glitzernden, weißen Gipskristallen und spärlich besetzt von Mesas aus graurotem Lehme. Auf Hunderte von Kilometern waren die einzigen Anzeichen von Leben in der ganzen Ebene ein halb im Salz vergrabener, seit Hunderten von Jahren toter Regenpfeifer und die tief vergrabenen Wurzeln von Schilfrohr, das in dem während einer der Glazialperioden existierenden Lopnor gewachsen sein muß. Bezüglich der Geschichte des Lopnor ist Huntington zu einer zum Teile von den Ansichten Prschewalskis und Hedins abweichenden Auffassung gekommen. Danach ist der heutige Kara-Koschunsumpf der kleine Rest des großen ehemaligen Lopnor, aber zwischen dem 3. und 8. Jahrhunderte n. Chr. scheint der See die Lage gehabt zu haben, die er auf alten chinesischen Karten zeigt: etwa einen Grad nördlich vom Kara-Koschun. Bei seiner Reise rings um das Becken fand Huntington, daß es von Terrassen und Ab-

lagerungen umgeben ist, die einen Wechsel von aquatischen und subaerischen Verhältnissen zeigen, was in Verbindung mit in Turfan und Sistan beobachteten Erscheinungen nach Huntingtons Meinung andeutet, daß das Klima jüngerer geologischer Zeiträume viel veränderlicher gewesen ist, als gewöhnlich angenommen wird. Sechs verschiedene Strandlinien in verschiedenen Höhen über dem heutigen Kara-Koschun wurden gefunden. Der Wechsel der Lage des Lopnor scheint eher Änderungen im Laufe des Tarim zuzuschreiben zu sein, als daß das umgekehrte Verhältnis von Ursache und Wirkung stattgefunden habe. Im Gegensatze zu Hedin glaubt Huntington, daß in unserm Mittelalter der Lopnor entschieden größer war als jetzt; er verweist auf zwei alte Straßen, die das verlassene Ufer berühren, die zwei wasserlose Tagereisen bedeuten und kaum benutzt worden wären, wenn die heutige kürzere Route gangbar gewesen wäre.[1])

Das Wasser des Toten Meeres ist von Prof. Dr. A. Stutzer und Dr. A. Reich analysiert worden.[2]) Ein Quantum dieses Wassers hatte im März 1807 A. Goldschmidt-Düsseldorf aus dem Toten Meere entnommen. Es dürften selten Untersuchungen dieses Wassers vorgenommen worden sein; in der uns zugänglichen Literatur fanden die Verfasser nur eine Angabe von F. A. Genth, die sie zum Vergleiche nachfolgend mit erwähnen:

	In 100 *g* waren vorhanden	Angaben der ältern Analyse von Genth (Probe genommen von H. S. Osborn im Jahre 1857)
KCl	1.357	1.008
NaCl	8.788	7.583
$CaCl_2$	2.384	2.898
$MgCl_2$	8.991	10.163
$MgBr_2$	0.368	0.534
$CaSO_4$	0.141	0.099
$CaCO_3$	—	0.004
Fe_2O_3	Spur	0.008
Organische Substanz	—	0.020
Zusammen:	22.02	22.30
Spezif. Gewicht	1.1546 (bei 15.7° ermittelt)	1.1823

Ein unmittelbarer Vergleich der beiden Wasserproben ist selbstverständlich unmöglich, da 50 Jahre zwischen den beiden Probenahmen verstrichen sind, es auch nicht feststeht, ob die Probenahme an gleichen Orten stattfand, und welchen Einfluß die Jahreszeit, atmosphärische Niederschläge, etwaige Zuflüsse von Süßwassern u. dergl. auf die Zusammensetzung des Wassers gehabt haben. Der Salzgehalt von 22% muß als ein recht hoher bezeichnet werden. Vergleicht man hiermit das gegenseitige Verhältnis der Salze, die in den

[1]) Globus 1907 p. 36.
[2]) Chemiker-Zeitung 1907 p. 845.

jüngern Schichten der deutschen Kaliumsalzlagerstätten vorkommen, z. B. den durchschnittlichen Gehalt des Carnallits, so findet man, daß in den untersuchten Proben des Wassers vom Toten Meere eine verhältnismäßig viel geringere Menge von Kali und von Sulfaten enthalten ist. Das Wasser des Toten Meeres ist durch den hohen Gehalt an leicht löslichen Chloriden charakterisiert.

Der Leopold II.-See. Das Gebiet dieses Sees, der durch den Mfini zum untern Kassai, dem Kwa, entwässert, hat A. J. Wauters auf einer Karte in 1 : 2 000 000 im „Mouvement géographique" vom 18. August dieses Jahres von neuem dargestellt, und zwar auf Grund von Aufnahmen der Agenten der Krondomäne, zu der das Gebiet gehört. Das Hauptergebnis dieser Reisen ist die Feststellung eines großen, von Osten her in den See mündenden Zuflusses, namens Lokoro, der der allgemeinen Stromrichtung des untern Kassai und Lukenje folgt und östlich vom 21. Längengrade seinen Ursprung nimmt. Er ist etwa 500 *km* lang. Ein anderer zum ersten Male aufgenommener östlicher Zufluß des Sees, der jedoch nicht so bedeutend ist, mündet etwas nördlicher unter dem Namen Lufoi. Ferner zeigt die Karte zwei größere nördliche Zuflüsse des Mfini: Duala und Dorua, und einen nördlichen, Luabu genannten Zufluß des Lukenje, wie der Mfini in seinem Oberlaufe, bevor er die Gewässer des Leopold II.-Sees in sich aufgenommen hat, heißt. Im Gebiete des Unterlaufes von Lokoro und Lufoi ist alles Land ein weiter Sumpf, der zur Regenzeit unpassierbar ist. In seinem Begleitworte zu der Karte bemerkt Wauters, daß ehedem die Wasserfläche des Sees zweifellos weiter nach Osten gereicht, und daß vor der Bildung der Kwaschlucht auch diese ganze, heute trockene Gegend einen Teil des Sees gebildet hat. Er entwickelt dann kurz aufs neue seine Theorie von der ehemaligen Existenz eines Kassaimeeres, als dessen letzte Reste der Leopoldsee, die Sümpfe des Lokoro und Lufoi und die Wissmann-Pool genannte breite Erweiterung des Kassai zu betrachten seien. Hier, wo heute der Wissmannpool liegt, wäre die tiefste Stelle des Kassaimeeres gewesen, dem Mfini, Kassai und Kwango aus allen Richtungen Wasser zugeführt hätten. Vom Kongo hätte dieses Inlandmeer die Hügelkette Mantere getrennt, bis sie von dem einen Ausfluß suchenden Meere durchnagt worden sei. So sei der 20 *km* lange Kwa entstanden, durch den alle Gewässer des südwestlichen und südlichen Kongobeckens ihren Weg zum Hauptstrome nehmen. An der Vertiefung und Verbreiterung dieser Schlucht arbeitet das Wasser noch heute, und in gleichem Maße, wie das geschieht, ziehe sich der Leopoldsee zusammen, der wie der Bangweolosee der ständigen Verkleinerung und Austrocknung unterliege.[1])

[1]) Globus 1907 p. 195.

Der große Moosbruch im südlichen Teile des Memeldeltas wurde von A. Klautzsch untersucht.[1]) Er umfaßt ein Areal von 15 000 *ha* und ist meist Flachmoorgebiet (früher als Niederungsmoor bezeichnet) von Wald bestanden, sonst kahles Hochmoor. Behufs Kultivierung desselben sind Nivellements ausgeführt worden, und an diese schloß sich eine Untersuchung des Aufbaues der dort lagernden Torfschichten, die A. Klautzsch ausgeführt hat. Die Oberfläche des Moores erhebt sich bis + 6 *m* über N. N. und senkt sich nach den Flüssen bis zur Höhe des Haffspiegels. Eine Reihe von Bächen bildet Senken und Rüllen. Der größte Teil des Gebietes ist Hochmoor, das allerdings durch die Kultur jetzt zum größten Teile verändert ist; nur am Rande der Flüsse und im Südostteile erlangt das Flachmoor größere Verbreitung. Als mehr oder minder schmale Zone liegt zwischen diesen beiden Gebilden und in den Rüllen Zwischenmoor. Wenn auch alle drei Moorarten der Torfbildung dienen, so sind doch die natürlichen Bedingungen ihrer Entstehung und demzufolge auch der Pflanzenbestand, wenigstens bei den beiden extremen Typen, dem Flachmoore und dem Hochmoore, recht abweichend voneinander.

Die wesentlichen Unterschiede dieser Moorarten sind die, daß das Flachmoor unter dem Einflusse eines an mineralischen Nährstoffen reichen und rein tellurischen Wassers entsteht, während bei der Bildung eines Hochmoores sehr mineralstoffarmes und sowohl tellurisches wie atmosphärisches Wasser die Hauptrolle spielt. Die Oberfläche des erstern ist flach; seine jüngsten Bildungen liegen zentral; die Oberfläche des Hochmoores dagegen ist gewölbt; sein Wachstum erfolgt zentrifugal, so daß die ältesten Partien in der Mitte liegen. Die das Flachmoor zusammensetzenden Pflanzen bestehen vorwiegend aus Glumifloren, besonders Cyperaceen, weniger Gramineen und Juncaceen, untermischt mit zahlreichen dikotylen Stauden; von Holzpflanzen finden sich besonders Alnus, Betula und Frangula. Die Bulte werden besonders von Carices gebildet; unter den Laubmoosen überwiegen die Hypneen. — Die Hauptbestandmassen des Hochmoores hingegen sind die Torfmoose oder Sphagnen; selten sind die Arten der Klasse Bryales, wie Polytrichum, Bryum, Hypnum. Ferner finden sich zahlreiche Ericaceen, von Holzpflanzen fast nur Pinus silvestris und Betula. Die Bulte bestehen hauptsächlich aus Sphagnen oder Eriophorum oder Scirpus caespitosus. Das Zwischenmoor repräsentiert eine typische Mischflora jener beiden Bestände. Neben den Sphagnen treten reichlicher andere Moose auf; größere Bestände von Carices und Schilf, Aspidiumarten und Menyanthes trifoliata mischen sich dazwischen, und gegenüber der Kiefer tritt die Birke mehr in den Vordergrund.

Die lebenden Bestände gehen ganz allmählich in den Torf über. Von diesem lassen sich je nach der einstigen Vegetationsform drei

[1]) Jahrbuch d. K. Preuß. Geolog. Landesanstalt **27.** p. 230.

Arten unterscheiden, die wiederum in verschiedener Weise ausgebildet sein können. Der Flachmoortorf, der sich in Flachmoorgrastorf und Bruchwaldtorf gliedert, ist dunkelbraun, wird beim Liegen an der Luft schnell schwarz, ist infolge mineralischer Beimengungen schwer und meist völlig zersetzt, so daß er nur noch wenig von den ursprünglichen Pflanzen erkennen läßt. Der Zwischenmoortorf, der geologisch nicht scharf abgegrenzt werden kann, wird unterschieden in den ältern Übergangswaldtorf und den jüngern Übergangsgrastorf oder Übergangsseggentorf, der in zwei verschiedenen Formen: als Übergangsschilftorf und Übergangs-Scheuchzeriagrastorf auftritt. Im Vergleiche mit dem Flachmoortorfe erscheint der Zwischenmoortorf weit leichter und heller, wenn er sich auch bei längerem Liegen an der Luft dunkel bis schwarz färbt. Die pflanzlichen Reste sind in ihm weniger zersetzt und leicht erkennbar. Der eigentliche Hochmoortorf ist fast noch ganz unzersetzt, so daß die pflanzlichen Reste gut erkennbar sind; er ist sehr leicht, von gelber bis bräunlicher Farbe und wird auch bei längerem Liegen an der Luft nicht schwarz.

Der Flachmoortorf erscheint im Großen Moosbruch überall als die älteste Bildung. Er unterlagert im Zwischenmoore den Zwischenmoortorf fast allerorts und bildet teilweise auch das Liegendste in den Bildungen des Hochmoores. Seine größte Mächtigkeit beträgt etwa 6 *m*. Die nächstjüngere Bildung ist der Zwischenmoortorf, der nahezu die gleiche größte Mächtigkeit erreicht. Die jüngste Torfart endlich, der Hochmoortorf, kommt bis auf eine Mächtigkeit von 9,8 *m* (durchschnittlich 3.5 bis 5 *m*).

Innerhalb des Hochmoortorfes oder an seiner untern Grenze wurden vielfach wässerige Schichten von mehrern Metern Stärke angetroffen. Die bei der Zersetzung der Pflanzen sich entwickelnden Gase sammeln sich vielerorts unter der festen Moostorfschicht an und entweichen beim Bohren unter starkem Geräusche. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen, die C. A. Weber im Hochmoore von Augstumal im Memeldelta gemacht hat, konnte auch Klautzsch feststellen, daß diese Gase nicht brennen; im wesentlichen dürften sie aus Kohlensäure bestehen.

Ein tropisches Moor mit Torfboden. Solche echte Moore kommen in den Tropen nur ausnahmsweise vor oder sind doch nur vereinzelt bekannt. Dr. S. H. Koorders beschreibt nun ein solches aus Sumatra.[1]) Es befindet sich in der heißen Ebene des flachen, östlichen Teiles der genannten Insel, und zwar an dem linken, nördlichen Ufer des Kamparflusses, in einer Entfernung von mehr als 90 Kilometern von der Meeresküste.

Die Oberfläche darf auf mehr als 80 000 *ha* veranschlagt werden.

---

1) Potoniés Wochenschrift 1907. Nr. 42 p. 657.

Die Durchquerung der 12 *km* breiten Strecke forderte drei außergewöhnlich anstrengende Marschtage. Zwei Nächte, am 20. zum 21. und 21. zum 22. März (1891) wurde in der Mitte des Moores biwakiert. An diesen Biwaks fand sich mittels eines mehr als 6 *m* langen, am untern Ende mit einem Messer eingeschlitzten Stockes, daß dort bis über 6 *m* der Boden frei war von anorganischen Bestandteilen und nur aus einem schwarzbraunen, aus organischen Resten bestehenden Schlamme, also aus echtem Humus, zusammengesetzt war. Die wirkliche Mächtigkeit des Humus war mangels eines Bohrapparates nicht festzustellen. Bei den beiden Biwaks wurde nur stagnierendes Süßwasser beobachtet von dunkelbrauner Färbung und von sehr schwach adstringierendem Geschmacke, mitunter sehr schwach bitter, immer fast geruchlos und immer schön durchsichtig, ohne Trübung. Der Gebrauch dieses wie starker, klarer Tee aussehenden Wassers zeigte sogar auch ungekocht bei keinem der mehr als 250 Personen starken Expeditionskolonne auch nur die geringsten Nachteile.

Das Betreten dieses Moores war nur dadurch möglich, daß es überall mit einem Walde bestanden war, dessen Wurzeln die ganze Oberfläche mit einem dichten Netze bedeckten. Große Schwierigkeiten wurden bei dem Marsche dadurch verursacht, daß die meisten Baumspezies von zahllosen, aufrecht wachsenden, entweder dünnkegelförmigen, geraden oder dünnzylindrischen und später sich knieförmig oben umbiegenden Atemwurzeln (sogenannten aerotropischen Wurzeln oder Pneumatophoren) umgeben waren. Diese aufrechtwachsenden Atemwurzeln erhoben sich in einer Höhe von etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ *m* oberhalb der stagnierenden Wasserfläche. Sie besäßen meist nur 2 bis 4, seltener 6 bis 10 *cm* im Durchmesser. Die Oberfläche der erwähnten Kniewurzeln war in Übereinstimmung mit ihrer Atemfunktion ohne Ausnahme dicht mit großen, kräftig funktionierenden, durch die weiße Farbe auffallenden Lenticellen bedeckt.

Dieser Moorwald besteht vorwiegend aus sehr eng zusammenstehenden, 25 bis 35 *m* hohen, immergrünen Bäumen, mit glatten, auffallend geraden Stämmen, welche erst sehr weit oben unregelmäßig verzweigt sind und eine ziemlich dichte, aber nur wenig breite, kleine Krone besitzen. Das Unterholz besteht hauptsächlich aus kerzengeraden Bäumchen, derselben Baumspezies, welche den Hochwald zusammensetzen, aus den Familien der Guttiferae, Burseraceae, Meliaceae, Myristicaceae, Myrtaceae und Euphorbiaceae. Diese Bäumchen zeichnen sich, als Folge des Halbdunkels, in welchem sie vermutlich viele Jahrzehnte ihr Leben fristen müssen, dadurch aus, daß die kerzengeraden Stämmchen nur an ihrer äußersten Spitze eine auffallend kleine, schlecht belaubte Krone tragen.

Unter den höchsten Waldbäumen dieses Flachmoorwaldes fehlten Gymnospermen und Monokotyledonen vollständig, und der Haupt-

bestand war ausschließlich aus Dikotylen zusammengesetzt, und zwar aus Repräsentanten solcher Familien, die in dem Malaischen Archipel das Hauptkontingent bilden in immergrünen, hochstämmigen, häufig aus 500 bis 600 Baumarten bestehenden Mischurwäldern, wie dieselben in der heißen Ebene dort auf fruchtbaren (sauerstoffreichen, frischen) Böden charakteristisch sind, und nicht nur auf Sumatra, sondern auch auf Java und Nordcelebes vorkommen.

Glazialphysik.

Glazialgeologische Untersuchungen in den Liptauer Alpen sind von Dr. Roman Lucerna ausgeführt worden,[1]) und zwar in dem Gebiete, welches vom Jalovec- und Belabache in Westen und Osten und von der Waag in Süden eingefaßt wird.

Das Bild der Vergletscherung zur letzten Eiszeit war demnach dieses: Im Südwesten blieben die Gletscher im Gebirge; vom Ternovectale an waren die östlichen Täler mit Eis bis zum Ausgange erfüllt, so daß die Zungen des Račkova-, Bystra- und Kamenistagletschers den Gebirgsfuß um ein weniges überschritten. Der Hlin- und Tomanovagletscher der Ostseite endeten kurz vor dem Tychatale. Der Kościelisko- und Czarny-Dunajec-Gletscher durchbrachen, wie bekannt, die vorgelagerte Kalkzone nicht. Auffällig ist die starke Vergletscherung im Nordwesten. Das Latanatal hatte einen zusammengesetzten Gletscher von 2.75 *km* Länge, obwohl die höchsten Punkte des alten Firnbeckens heute nur 1879 *m* und 1694 *m* betragen. Daß das Roháčtal einen der ansehnlichsten Eisströme der Gruppe geborgen hat, durfte erwartet werden. Er hinterließ eine prächtige Endmoränenlandschaft von neun gesonderten Wällen, eine über 100 *m* hohe linke Seitenmoräne und eine gestufte Verbauung des Latanatales. Auch die folgenden Gräben führten Gletscher mit relativ mächtigen Endmoränen. Ein interessanter Punkt ist die Palenica. Dieser Sattel wurde vom Eise des östlich benachbarten Tales überflossen. Drei ineinandergeschaltete Endmoränen von tadellosem Erhaltungszustande geben Zeugnis von dieser Gletscherbifurkation. Die postglazialen Gletscher vermochten den Sattel nicht mehr zu überschreiten. Diese Stelle liegt unweit von jenem merkwürdigen, von Prof. Uhlig abgebildeten Nummulitenkalkriffe, welches, wie Kerben auf den Nachbarkämmen in gleicher Höhe anzeigen, wohl die Lage einer, vielleicht der höchsten eozänen Strandlinie in der Tatra anzeigt.

Taleinwärts von den Endmoränen der Würmeiszeit findet man überall die Moränen des Bühlstadiums. Die Moränen des Gschnitzstadiums liegen bereits in den Karen. Sie wurden in einigen Profilen nachgewiesen, im übrigen in den meisten Karen gesichtet. Das Daunstadium hat in der Gruppe nur in Form von Schneehaldenschuttwällen und Schutthalden Vertretung gefunden.

Die Schneegrenze lag zur Zeit des Daunstadiums bereits zu hoch, aber noch teilweise unter der Kammlinie. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag —wie Verf. vorläufig nur schätzungsweise angibt — eher unter als über 1500 *m*.

Auch die Stadien haben Schotter hinterlassen, die zum Unterschiede von den eiszeitlichen nicht nur außerhalb, sondern auch innerhalb der tiefsten Endmoränen liegen. Diese alluvialen Schotter lassen entsprechend der Anzahl der Stadien eine Dreigliederung erkennen. Das unterste Glied ist jedoch nur selten und dann in sehr kleinen Flächenstücken nachweisbar. Die Selbständigkeit dieser Schotter gegenüber den eiszeitlichen, sowie untereinander, ist an mehrern Stellen an Eozänausstrichen ersichtlich.

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1907. Nr. 19. p. 351.

Die Formen der glazialen Erosion treten mit genügender Schärfe auf, um das durch die glazialen Ablagerungen gewonnene Bild zu vervollständigen. Als charakteristisch kann folgendes gelten: Felswände treten im Granite fast nur in Karen und Trögen auf; der Anlaß zur Bildung von Felswänden ist hier fast ausschließlich durch die Vergletscherung gegeben. Anderseits ist es beachtenswert, daß die kleinen, den niedrigsten Höhen entströmenden Gletscher es zu keiner nennenswerten Karbildung gebracht haben. Entweder ist die Karnische rudimentär, oder sie fehlt fast ganz. Weiter ist nicht unwesentlich, daß in den ziemlich einfach gebauten Tälern der Gruppe Stufen im Längsprofile zurücktreten, während sie natürlich im Querprofile, wo Tröge auftreten, häufig sind.

Das Studium der Talgehänge zeitigte nur allgemein übereinstimmende Wahrnehmungen, welche für die Talgeschichte des Gebirges folgendes wahrscheinlich machen:

Seit der ersten Anlage der heutigen Gebirgsgliederung hat man mindestens fünf gesonderte Abschnitte der Talbildung zu unterscheiden, die sämtlich — und zwar die zwei ältesten in den obern Partien der Kämme, die drei jüngern (die als glaziale gedeutet wurden) in den untern Partien der Kämme und Talgehänge — ihre Spuren hinterlassen. haben.

Die Eiszeit Südamerikas. Hierüber verbreitete sich auf Grund eigener Forschungen Prof. Steinmann.[1]) Hiernach finden sich Spuren der Eiszeit in dem ganzen Gebirgszuge von Kap Horn bis zur Sierra Nevada de Santa Marta. Sie sind dort als glaziale Bildungen genau in der nämlichen Weise entwickelt, wie in den gut studierten Teilen der nördlichen Halbkugel; wo sich Inlandeis heruntersenkte, wie im Magelhãesgebiete, entsprechen sie denen Norddeutschlands oder des nordamerikanischen Seegebietes; wo sich das Eis in tiefen Tälern ins Meer senkte, wie im patagonischen Archipel, den Fjordgebieten Norwegens und Alaskas; im mittlern Patagonien und Südchile weist die Kordillere Randseen alpinen Charakters, umgrenzt von Endmoränen, auf, und im trockenen Hochgebirge Bolivias finden sich ungeheuere Endmoränenwälle, hier erscheint der Typus des Moränenamphitheaters von Ivrea. Auch der Erhaltungszustand ist der gleiche in Südamerika wie auf der Nordhalbkugel, so daß daraus ernste Bedenken gegen eine abwechselnde Vereisung der beiden Halbkugeln abgeleitet werden müssen, und die südamerikanische „Glazialzeit“ der europäischen und nordamerikanischen als gleichalterig angenommen werden kann. Die fluvioglazialen Bildungen drängen zur Annahme einer Mehrheit von Eiszeiten; es sind in Südamerika auch drei Schotter festgestellt worden, unsern „drei Terrassen“ entsprechend, von denen der älteste abweichendes petrographisches Verhalten und tektonische Störungen aufweist; er ist von Steinmann als Jujuyschicht bezeichnet worden. Limnoglaziale Bildungen treten hauptsächlich als Kalktuffe auf; in ihnen fand sich merkwürdigerweise an einer Stelle der „Tinolith“, der auch aus dem Mono- und Lahontansee Nordamerikas bekannt ist. Als äologlaziale Bildung werden die Pampaslehme bezeichnet, die unsern Lößen in Auftreten, Gliederung und Verband mit den übrigen

---

[1]) Bericht d. Deutschen Geolog. Ges. 1906. Nr. 8 bis 10.

Glazialbildungen so entsprechen, daß die Übereinstimmung unerklärlich wäre, wenn man nicht für die Löße Argentiniens und des Rheingebietes gleiche und gleichzeitige Entstehung annimmt. Da sich also diese Absätze und Erscheinungen ohne Zwang mit denen auf der Nordhalbkugel parallelisieren lassen, wird man gut tun, auf alle Erklärungsversuche für Eiszeiten zu verzichten, die nicht allgemeiner Natur sind. Die ältesten sichern Spuren des Menschen reichen in Südamerika zurück bis zu den jüngsten Schichten des ältern Löß.[1])

Lufttemperatur.

Die Erforschung der hohen Atmosphäre in der arktischen Zone. Die auf Kosten des Fürsten von Monaco unter Leitung von Prof. Hergesell ausgeführten Untersuchungen der Atmosphäre über dem Atlantischen Ozeane mit Hilfe von Ballon- und Drachenaufstiegen hat im Juli bis September 1906 zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt. Prof. Hergesell lieferte darüber einen kurzen Bericht an die Pariser Akademie.[2]) Während jener Sommermonate fand sich eine langsame Temperaturabnahme in allen erreichten Höhen (bis 7830 *m*), von im Mittel 0.48° pro 100 *m* Höhenzunahme. Diese wird veranlaßt durch zahlreiche Schichten gleichbleibender Wärme (Isothermien) und Temperaturzunahmen mit der Höhe (Inversionen), die zwischen Luftschichten von veränderlicher Dicke auftreten, in denen die Temperaturabnahme regelmäßig ist und bis 1° pro 100 *m* erreicht. Die von den Thermographen aufgezeichneten Kurven unterscheiden sich daher vollkommen von denen, die über dem atlantischen Ozeane erhalten wurden. Sie nähern sich mit ihrem zackigen Aussehen den Kurven starker Inversion, die zum ersten Male über Europa von Teisserenc de Bort und Aßmann ermittelt wurden, und die Hergesell über dem Atlantic in einer Höhe von 11 000 *m* wiedergefunden hat.

Unmittelbar über dem Meere findet sich oft, aber nicht immer, eine Schicht, in der die Temperaturabnahme rasch und fast adiabatisch ist, die Feuchtigkeit hingegen zunimmt, und die in ihrem obern Teile oft eine Wolkenschicht trägt. Darüber erreicht die Feuchtigkeit schnell 40 bis 60% und bleibt so mit kleinen Schwankungen, die den verschiedenen Wärmeschichten entsprechen.

Am 16. Juli wurde oberhalb 7000 *m* eine Inversion gefunden, die vielleicht im Zusammenhange stand mit der verhältnismäßig warmen Schicht, die in südlichern Breiten in 11 000 *m* angetroffen wurde. Wie dem aber auch sei, aus dem kleinen Wärmegradienten folgt, daß die arktische Atmosphäre im Sommer relativ warm ist, offenbar infolge des Einflusses, den die ununterbrochene Sonnenstrahlung dort auf die Atmosphäre ausübt.

---

[1]) Globus 1907 Nr. 6.

[2]) Compt. rend. 1907. **144**. p. 1187.

Die Drachenaufstiege haben an der Küste von Spitzbergen und in den zahlreichen Buchten daselbst das Vorherrschen starker lokaler Luftströmungen nachgewiesen, die beim Entfernen vom Lande verschwinden und nur eine Höhe von einigen hundert Metern erreichen. Innerhalb dieser Schicht war die Temperaturabnahme eine starke, fast adiabatische, und die Feuchtigkeit stieg auf 100%. Darüber fand sich entweder ein viel kleinerer thermischer Gradient oder Isothermie oder eine Inversion, während die Feuchtigkeit schnell sank. Wie überall waren diese lokalen Winde veranlaßt durch die Temperaturdifferenz zwischen Land und Meer. Der Charakter der Landbrisen beweist, daß das mit Gletschern bedeckte Innere Spitzbergens stets kälter ist als die dasselbe bespülenden Wässer des Golfstromes.

Durch Visieren der kleinen Kautschukballons konnten die Luftströmungen oberhalb des Polarmeeres bis in große Höhen verfolgt werden. Es ergab sich daraus, daß die Windgeschwindigkeit mit der Höhe schnell zunimmt. Über den lokalen Winden fand sich eine stagnierende Schicht, auf welche dann die Strömungen des allgemeinen Kreislaufes folgten. In 10 000 *m* Höhe hatte der Wind fast immer eine Geschwindigkeit von 15 bis 20 *m*, zuweilen sogar von 30 *m* in der Sekunde. Diese heftigen Winde hatten eine W-Komponente, während die Strömungen mit O-Komponente in großen Höhen am schwächsten waren. Die Richtung der Winde wechselte während der Beobachtungen so sehr, daß es unmöglich war, eine vorherrschende Richtung festzustellen. Die Luft kam ebenso oft vom Pole, als sie zu ihm hinwehte. Da die beobachteten Strömungen zweifellos einem großen Polarwirbel angehören, scheinen nach Hergesell diese Beobachtungen zu beweisen, daß das Zentrum des letztern oft den Ort wechselt und das ganze arktische Becken durchläuft.

Die Temperaturabnahmen bis zu den größten bis jetzt erreichten Höhen. Ein in Straßburg am 3. August aufgelassener Registrierballon hat die bis jetzt größte Höhe von 25 800 *m* erreicht und bis zu dieser Temperatur und Luftfeuchtigkeit registriert.[1]) Es findet sich aus diesen Angaben

Höhe in Metern	Temperatur
140	+16.8
1 640	+14.2
3 710	+ 3.7
4 120	+ 3.4
5 130	+ 0.1
14 490	—62.7
15 000	—58.0
19 000	—49.4
22 000	—47.3
25 800	—40.0

[1]) Veröffentl. d. internat. Kommission f. Luftschiffahrt 1905. 8. Heft.

Hieraus ergibt sich das Vorhandensein der wärmern Luftschicht in den höchsten Höhen der Atmosphäre, die auch bei andern Luftballonaufstiegen bereits beobachtet worden ist. In 14 490 *m* Höhe erreichte die Temperatur ihren tiefsten Punkt, darüber hinaus stieg sie wieder beständig, wenn auch nicht regelmäßig, und war nach 11 400 *m* weiterm Steigen um 17.3° gestiegen. Man erhält hierdurch zum ersten Male eine Vorstellung von der großen Mächtigkeit der obern warmen Luftschicht, von der man bisher keine Ahnung hatte. Die relative Feuchtigkeit, die am Boden 88% betrug, erreichte ihr Minimum mit 29% schon in 4950 *m* Höhe; sie stieg dann bis 7000 *m* Höhe wieder auf 45% und blieb von 10 000 *m* Höhe an mit 37 bis 42% nahezu konstant.

Die Temperaturverteilung mit zunehmender Höhe in der Atmosphäre. H. G. van de Sande Bakhuyzen hat die Aufzeichnungen von Sondierballons in Helder an 182 Tagen untersucht. Er findet für die Mittelwerte der Temperatur in den Höhen zwischen 0 und 16 *km* folgende Zahlen in Zentigraden

Höhe	Winter		Frühling		Sommer		Herbst		Jahr	
	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.
km	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	— 1.9	+1.2	+ 5.1	—3.6	+14.7	—2.8	+ 7.9	+0.6	+ 6.4	—1.1
1	— 0.7	—4.2	+ 1.5	—5.4	+11.9	—4.3	+ 8.5	—3.2	+ 5.3	—4.3
2	— 4.9	—5.2	— 3.9	—4.9	+ 7.6	—4.4	+ 5.3	—4.6	+ 1.0	—4.8
3	—10.1	—5.4	— 8.8	—5.8	+ 3.2	—5.4	+ 0.7	—5.6	— 3.8	—5.5
4	—15.5	—5.8	—14.6	—6.7	— 2.2	—5.9	— 4.9	—6.1	— 9.3	—6.1
5	—21.3	—6.0	—21.3	—6.7	— 8.1	—6.0	—11.0	—6.9	—15.4	—6.4
6	—27.3	—6.2	—28.0	—6.9	—14.1	—6.6	—17.9	—7.2	—21.8	—6.7
7	—33.5	—6.8	—34.9	—7.3	—20.7	—7.3	—25.1	—7.7	—28.5	—7.3
8	—40.3	—7.3	—42.2	—6.9	—28.0	—7.6	—32.8	—7.6	—35.8	—7.4
9	—47.6	—6.4	—49.1	—5.4	—35.6	—7.2	—40.4	—6.9	—43.2	—6.4
10	—54.0	—4.9	—54.5	—2.5	—42.8	—6.8	—47.3	—6.1	—49.6	—5.1
11	—58.9	—2.1	—57.0	—1.0	—49.6	—4.0	—53.4	—2.0	—54.7	—2.3
12	—61.0	—1.0	—58.0	—1.0	—53.6	—1.0	—55.4	—1.0	—57.0	—1.0
13	—62.0	—0.6	—59.0	—0.6	—54.6	—0.6	—56.4	—0.6	—58.0	—0.6
14	—62.6	—0.4	—59.6	—0.4	—55.2	—0.4	—57.0	—0.4	—58.6	—0.4
15	—63.0	—0.2	—60.0	—0.2	—55.6	—0.2	—57.4	—0.2	—59.0	—0.2
16	—63.2		—60.2		—55.8		—57.6		—59.2	

Temperaturanomalien in den hohen Luftschichten im November 1906. Der November 1906 zeichnete sich durch ungewöhnliche Wärme aus, und Prof. Köppen von der Deutschen Seewarte macht jetzt die Mitteilung,[1]) daß die Temperaturverhältnisse in den größern Höhen der Atmosphäre noch viel abnormer waren und überhaupt eine Erscheinung von größter Seltsamkeit darstellen. Er schreibt:

„Die täglich, soweit es der Wind gestattete, ausgeführten hohen Drachenaufstiege mit meteorologischen Registrierapparaten

[1]) Meteorol. Ztschr. 1907. p. 37.

in Großborstel bei Hamburg und in Lindenberg, südöstlich von Berlin, beweisen dies. Kaum ein Tag verging, daß nicht auf der Drachenstation der Seewarte der von den Drachen emporgetragene Apparat die Kunde herabbrachte, daß die normale Abnahme der Temperatur mit wachsender Höhe gestört und in irgend einem Niveau ersetzt war durch eine plötzliche Zunahme der Wärme nach oben.

Die hervorragendsten unter diesen Erscheinungen waren die vom 8., 23. und 24. November; im Oktober tritt ihnen der 11. ebenbürtig zur Seite. Die Lufttemperatur war in diesen Aufstiegen über Hamburg und Berlin — wie wir der Einfachheit wegen statt Großborstel und Lindenberg sagen wollen — wie folgt

		am Boden	in der warmen Schicht
11. Oktober .	bei Hamburg*	6.5°	17.8° in 940 *m* über d. Meere
	„ Berlin**	4.4	14.1 „ 1500 „ „ „
8. November	„ Hamburg	8.7	14.1 „ 810 „ „ „
	„ Berlin	6.9	16.2 „ 430 „ „ „
23. November	„ Hamburg	10.5	14.4 „ 1140 „ „ „
	„ Berlin	10.3	10.7 „ 2000 „ „ „
24. November	„ Hamburg	7.8	14.7 „ 860 „ „ „
	„ Berlin	3.7	15.7 „ 1310 „ „ „

* 17 *m* über Meer. ** 122 *m* über Meer.

Normalerweise hätte die Temperatur in dieser Jahreszeit um etwas mehr als 0.4° für jede 100 *m* Erhebung abnehmen sollen.

Berücksichtigen wir dies, so erhalten wir in den drei Novembertagen, wo die Temperatur auch unten viel zu hoch für die Jahreszeit war, für die warme obere Schicht ganz ungeheuerliche Abweichungen von der normalen Temperatur in dieser Höhenlage. Die Berechnung dieser Abweichungen bietet allerdings einige Unsicherheiten, weil die Normalwerte für den Ort, die Höhenlage, die Jahreszeit und die Tagesstunde erst annähernd berechnet werden müssen und für Lindenberg auch diejenigen für die unterste Luftschicht noch nicht vorliegen. Allein die Abweichungen sind so groß, daß diese geringe Unsicherheit am Wesen der Sache nichts ändern kann.

Abweichungen vom Normalwerte:

	unten		in der warmen Luftschicht	
	bei Hamburg	bei Berlin	bei Hamburg	bei Berlin
8. November . . .	+5.2°	+ 4.7°	+13.8°	+12.2°
23. „ . . .	+8.5	+10.2	+17.0	+18.2
24. „ . . .	+6.8	+ 3.7	+ 3.7	+20.4

Am letzten Tage hätte also die Temperatur in der Höhe von 1310 *m* über dem Boden am Aeronautischen Observatorium Lindenberg etwa —5° betragen müssen, während sie tatsächlich fast +16° war. Eine Temperaturabweichung von $+20^1/_2°$ ist in Mitteleuropa wohl noch nie zur Beobachtung gekommen und kommt

im Tieflande auch tatsächlich wohl nicht vor, nicht einmal bei Föhnsturm in Alpentälern. Selbst bei negativen Abweichungen, die bekanntlich in Europa im Winter extremer sind als die positiven, bezeichnet die obige Zahl die äußerste, in der Erfahrung vorkommende Grenze. Diese Grenze wurde in Thüringen am 20. Januar 1885 annähernd erreicht, als um 8 Uhr vormittags die Temperatur in Erfurt (196 *m* über dem Meere) auf —22.2° sank, gegen etwa —2.0° als Normalwert. Auf dem Inselsberge, in 906 *m* Höhe, war gleichzeitig die Lufttemperatur —3.1°, etwa 3° über normal (vergl. Assmann, Das Wetter **2**. 47).

Während im letztern Falle die Ausstrahlung einer Schneeoberfläche gegen heitern Himmel und das Hinabgleiten der erkalteten Luft in die Täler wohl mit Recht als das entscheidende Moment beim Zustandekommen der anormalen Temperaturverteilung angesehen wird, fällt diese Erklärung bei den Erscheinungen dieses Herbstes in Norddeutschland fort.[1])

Die Verwandtschaft dieser Erscheinungen mit dem Föhn verrät sich indessen auch durch die außerordentliche Trockenheit der warmen Luft. Am 8. November war diese noch mäßig: in Hamburg 31%, in Lindenberg 58% Feuchtigkeit. Aber am 23. und 24. dieses Monates und ebenso am 11. Oktober sanken die Angaben des Hygrometers in großen Höhen auf beiden Stationen unter 10%, ja selbst auf 0%, so daß die Höhenluft anscheinend gar keinen Wasserdampf enthielt. Es ist zwar wahrscheinlich, daß die Angaben des Haarhygrometers unter so extremen Bedingungen und namentlich bei so schneller Änderung der Feuchtigkeit der umgebenden Luft nicht ganz richtig sind; aber der Fehler wird doch nur einige Prozente betragen und ändert an der Tatsache der phänomenalen Trockenheit nichts. Diese selbst für Wüsten ganz extremen Trockenheitsgrade sind zudem bei Drachenaufstiegen aus Höhen oberhalb 1000 *m* schon so oft als Begleiter von Temperaturumkehrungen aufgezeichnet, daß man sie schon, so groß die anfängliche Verwunderung darüber auch war — allmählich als eine regelmäßige Erscheinung gewohnt wird. Und das über dem nassen Hamburg gar nicht weniger als über der immerhin trockenern Mark Brandenburg! Dabei lag an den drei Novembertagen eine wenig unterbrochene, niedrige Wolkendecke

---

[1]) Nachstehend folgen nach einer zusätzlichen Bemerkung von Prof. Hann einige der größten positiven und negativen Temperaturabweichungen in Österreich.

Bludenz (bei Föhn)	1. Febr. 1869:	7^h +16.3°,	2^h +18.0°	
	25. Nov. 1870:	2^p +18.7		
Ischl	8. Nov. 1906:	7^h +18.9		
Wien	16. Jan. 1893:	9^p —20.0		Abweichung!
	9. Dez. 1879:	7^a —19.0		„
	23. Jan. 1850:	8^a —21.5		„

Das Minimum in der Nacht war noch 1.5° tiefer (wenn das Thermometer keine erhebliche Korrektur hatte), daher Abweichung wohl —22 bis 23°.

über Deutschland, und die Luft war am Erdboden von Feuchtigkeit gesättigt; auch am 11. Oktober, wo der Himmel wolkenlos war, wurden am Boden bei dem Aufstiege 85 bis 87% Luftfeuchtigkeit beobachtet.

Schon die Temperatur der warmen Schicht zwingt uns, da so hohe Wärmegrade im weiten Umkreise nicht beobachtet sind, zur Erklärung, die Entstehung der Wärme am Orte selbst durch „Föhnwirkung", d. h. durch Erwärmung einer rasch herabsinkenden, schon ursprünglich relativ warmen Luftmasse durch die das Sinken begleitende Zunahme des Luftdruckes heranzuziehen. Durch die Trockenheit der Luft erhält diese Erklärung eine weitere starke Stütze. Dennoch behält sie sehr viel Rätselhaftes an sich. Wie kommt diese starke absteigende Bewegung zustande? Wie wird ihr plötzliches Aufhören einige hundert Meter über dem Boden mit scharfer Abgrenzung gegen die untere kältere Luft bedingt? Unterhalb der Temperaturumkehrung finden wir einige hundert oder auch über tausend Meter weit eine regelmäßige Temperaturabnahme mit der Höhe, besonders in Hamburg. Auch die Herkunft der obern Luft, die zwar erst beim Herabsinken so extreme Wärmegrade erreicht, aber doch auch in größern Höhen relativ warm sich zeigt, ist durchaus nicht immer leicht zu erklären.

Die Wetterlage über Europa war an diesen Tagen sehr verschieden. Am 23. und 24. November befanden sich Hamburg und Berlin am Rande eines Hochdruckgebietes mit sehr hohem Barometerstande und westlichen Winden, am 8. November dagegen mit östlichen Winden am Nordostrande einer Depression, die dann weiter nach der Ostsee fortschritt; am 11. Oktober wiederum am Westrande eines Gebietes hohen Druckes, das sich nach Osten zurückzog.

Überhaupt ist der Zusammenhang mit den Erscheinungen am Erdboden, den man doch ohne allen Zweifel annehmen muß, noch wenig zu erkennen. So blieb die Temperatur am Erdboden noch eine Reihe von Tagen gleichmäßig hoch, während sie in 1000 *m* Höhe am 26., wo die Temperaturumkehrung höher gerückt und schwächer geworden war, um fast 13° niedriger war als am 24. Auch eine Prognose war dieser starken Änderung nicht zu entnehmen, denn am 28. war die Druckverteilung über Mittel- und Westeuropa fast dieselbe wie am 26., nur bei weniger hohem Druck.

Die Größe der nächtlichen Ausstrahlung in Wien haben Dr. R. Schneider und J. Krčmár gemessen.[1]) Diese Messungen der Ausstrahlung wurden mit einem Kompensationsaktinometer von Knut Angström angestellt. Es wurden in acht Nächten ca. 300 Beobachtungen gemacht, um außer den absoluten Werten auch die Änderungen der Ausstrahlung kennen zu lernen.

---

[1]) Wiener Anz. d. K. K. Akad. d. Wiss. 1907. p. 125.

Die Resultate können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. Die nächtliche Ausstrahlung erreicht im September zwischen 9 und 10 Uhr nachmittags ihr Maximum.

2. Der Aufstieg der Ausstrahlung gegen die Zeit des Maximums sowie der Abfall derselben vor Sonnenaufgang ist ziemlich steil.

3. Im Mittel aus drei klaren Nächten strahlt eine horizontale Fläche von 1 *qcm* in der Zeit von 8 Uhr nachmittags bis $3^3/_4$ Uhr vormittags 71 Grammkalorien aus.

4. Für die Strahlung der nicht erleuchteten Atmosphäre ergibt sich der Betrag von 0.37 Grammkalorien pro Quadratzentimeter und Minute.

Die mittlere Dauer des Frostes auf der Erde. Hierüber hat O. Dorscheid eine umfassende Untersuchung veröffentlicht.[1]) Bei dem Mangel an Beobachtungsmaterial hat er sich dabei zum Ausgleich einer von Hann früher vorgeschlagenen graphischen Methode bedient, die hinreichend zuverlässige Ergebnisse lieferte, um danach eine Karte der Frostverteilung auf der Erde zu entwerfen. Da diese Karte nicht die Verhältnisse zeigen soll, wie sie in einem idealen, einheitlichen Niveau vorhanden sind, sondern ein Bild der wirklichen Verbreitung dieses Phänomens darstellen soll, war es notwendig, festzustellen, in welcher Weise die Seehöhe auf die Dauer des Frostes von Einfluß ist. Es kam also darauf an, die mittlere Zunahme der Frostdauer im Gebirge zu ermitteln.

Die Untersuchung zeigt, daß im Gebirge die Frostdauer mit der Seehöhe zunimmt, daß jedoch diese Zunahme keine vollständig gleichmäßige ist. Vielmehr findet sich erst eine Beschleunigung der Zunahme bis 600 *m*, dann von Stufe zu Stufe eine allmähliche Verringerung des Betrages. Ob das in einigen Fällen weiter hinauf sich wieder geltend machende Steigen oberhalb 1100 *m* eine allgemeine Erscheinung und nicht etwa nur zufällig durch die Auswahl der Stationen bedingt ist, läßt Verfasser dahingestellt.

Dorscheid hat auch den Einfluß der Nord- und Südseite verschiedener Gebirge getrennt behandelt und findet, daß die Zunahme der Frostdauer auf der Nordseite stets größer als auf der andern ist.

Die mittlere Veränderlichkeit der Frostdauer (von Jahr zu Jahr) nimmt im gemäßigten Europa-Asien von Westen nach Osten ab, und zwar von Warschau mit einer Veränderlichkeit des Anfanges der Frostzeit von 15.2 Tagen bis Nikolajewsk a. Amur mit 2.8 Tagen um 12.4 Tage. Die Differenz in der mittlern Veränderlichkeit des Endes des Frostes für beide Stationen beträgt 13.2 Tage und diejenige der Veränderlichkeit der Dauer sogar 16.5 Tage.

Ein Vergleich der Veränderlichkeit des Anfanges der Frostperiode mit derjenigen des Endes des Frostes jeder Station gestattet

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 11.

die Schlußfolgerung, daß im allgemeinen die mittlere Veränderlichkeit des Datums des Endes der Frostdauer größer ist als die des Anfanges. Eine Ausnahme von dieser Erscheinung machen nur Alexandrowsk und Jakutsk. Beide Orte sind bemerkenswerterweise im Winter schneefrei.

Auf Grund seiner Ermittlungen hat Dorscheid eine Karte entworfen, welche die Linien gleichzeitigen Anfanges, gleichzeitigen Endes und gleicher Dauer des Frostes für die nördliche Erdhälfte von 20° nördl. Br. ab zeigt.

„Wir sehen," sagt Dorscheid, „aus dieser Karte, daß von der Westküste aus nach der Mitte der Kontinente unter gleicher Breite der Eintritt des Frostes sich verfrüht, um von dort bis zur Ostküste wieder allmählich eine Verspätung zu erfahren. Dies kommt in der Karte zum Ausdrucke, durch ein starkes südliches Ausbiegen der Linien gleichen Anfanges auf den Kontinenten. Im Herbste erfolgt ebenso schnell eine Abkühlung auf den Kontinenten; demgegenüber bleiben infolge der sehr geringen Abkühlung der Ozeane die Küsten zurück.

Die Karte zeigt in trefflicher Weise, welchen Einfluß kalte oder warme Meeresströmungen auf die Frostverhältnisse eines Landes haben. Die Zusammendrängung der Linien in Skandinavien ist im wesentlichen auf die erwärmende Wirkung des Golfstromes zurückzuführen, der diese Küsten bestreicht. Ihr ist auch die starke Ausbuchtung der Linien gleichen mittlern Frostanfanges nach Norden zwischen Island und Norwegen zuzuschreiben. Auch an der Westküste von Nordamerika bewirkt eine warme Strömung, ein Ausläufer des Kuroschio, daß ein breiter Küstenstrich von 55° nördl. Br. ab völlig ohne Frostperiode ist. Der Kuroschio drängt die Linien nach den Kurilen und Aleuten hinauf.

Auch die Wirkung kalter Strömungen kommt in der Karte in klarer Weise zum Ausdrucke, indem in ihrem Bereiche die Linien gleichen Frostanfangs scharf nach Süden gedrängt werden. Der Einfluß der Eismassen des Eismeeres ist es, der die bedeutende nördliche Ausbuchtung der Linien im Karischen Meere bewirkt.

Daß wir in der Umgebung des Nordpoles ein Gebiet haben, wo die Temperaturmittel aller Monate unter 0° liegen, ist nach Nansens Beobachtungen zweifellos; doch bietet sich keine Handhabe, die Kurve, die das Gebiet ständigen Frostes umgrenzt, zu zeichnen.

Der Verlauf der Linien gleichen Frostanfanges läßt zwei Typen unterscheiden, nämlich einen südlichen und einen nördlichen. Im Norden verlaufen die Linien nach Art der Sommerisothermen, indem sie über den Landstrecken polwärts stark ausbiegen. Gehen wir dagegen südlich, so nehmen sie ziemlich plötzlich den Typus der Winterisothermen an, deren charakteristisches Merkmal eine starke Ausbuchtung auf den Kontinenten nach Süden ist. Diese Erscheinung tritt sowohl in der alten, als auch in der neuen Welt auf. In Asien tritt der Wechsel ungefähr in 65° nördl. Br. ein; etwas undeutlicher vollzieht sich derselbe in Amerika.

Folgen wir dem Verlaufe der Äquatorialgrenze des Frostes auf der Nordhemisphäre, so sehen wir, daß dieselbe im Mittel in der Breite von etwa 50° verläuft. Über den beiden Kontinenten erfährt sie eine starke Ausbuchtung nach Süden. In Amerika reicht dieselbe ungefähr bis zum 35. Parallel, über der ungeheuern Landmasse von Asien rückt sie sogar bis zum 30. Parallel herab. Dieser starken Wölbung nach Süden über den Kontinenten entspricht eine ähnliche Ausbuchtung polwärts über den Ozeanen, die über dem Großen Ozeane bis 57°, über dem Atlantischen sogar bis 67° hinaufreicht.

Europa durchquert die Frostgrenze, nachdem sie der Südwestküste von Norwegen gefolgt ist, im wesentlichen in südlicher Richtung und teilt dadurch unsern Erdteil in eine wärmere West- und eine kältere Osthälfte. Hierauf

biegt sie in den Südalpen scharf nach Osten um, folgt der Küste von Dalmatien, durchquert die Balkanhalbinsel, berührt die Südspitze der Krim und gelangt, dem Südfuße des Kaukasischen Gebirges folgend, ins Kaspische Meer, das sie west-östlich durchschneidet. Auf ihrem weitern Verlaufe berührt sie den Oberlauf des Amu-Darja, und in südöstlicher Richtung gelangt sie zum Unterlaufe des Yang-tse-kiang, dem sie bis zur Küste folgt, um dann über Südkorea nach Mitteljapan zu gelangen. Gerade hier im Innern Asiens tritt freilich auch in den hochliegenden Plateaus, z. B. in Tibet, oder wohl auch in Teilen von Iran, Frost auf, der wegen der Höhenlage, zum Teile auch wegen des Fehlens von Stationen, nicht zur Darstellung kommt. Allerdings hat z. B. Teheran trotz seiner 1130 *m* keinen Frost, Ispahan nur eine bis zwei Wochen. Im Pacifischen Ozeane folgt die Südgrenze dem Nordrande der warmen Strömung des Kuroschio und gelangt in 55° nördl. Br. auf amerikanischen Boden. Hier trennt sie, südöstlich streichend, einen wärmern Küstenstreifen von dem kühlern Hinterlande ab. In 35° nördl. Br. biegt sie dann nach Osten um und erreicht die Ostküste in der Breite von Philadelphia. Im Atlantischen Ozeane ist ihr Verlauf im großen und ganzen nordöstlich bis zur Südküste von Island. In einem scharfen Bogen, dessen konvexe Seite nach Nordosten gerichtet ist, gelangt sie nach Norwegen.

Auf der Südhemisphäre ist es vorläufig nicht möglich, den Verlauf der Äquatorialgrenze des Gebietes mit Frost genau zu bestimmen. Wir besitzen für das Gebiet mit jährlicher Frostperiode, das bei einer Breite von ungefähr 53° südl. Br. in Amerika beginnt, nur einige wenige Jahresreihen, die nicht zur Bestimmung der mittlern Frostgrenze ausreichen.

Betrachten wir die Linien gleichzeitigen Frostanfanges auf der Nordhemisphäre etwas näher.

In der Nachbarschaft der äußersten Frostgrenze drängen sich überall die Linien gleichen Anfanges der Frostperiode, um dann nach Norden zu sich immer mehr voneinander zu entfernen. Wir erkennen hieraus, daß die Frostgrenze im Herbste, von Norden nach Süden rückend, mit abnehmender geographischer Breite ihre Geschwindigkeit verringert. Um von Ssagastir an der Lenamündung nach dem $11^1/_2{}^0$ südlicher gelegenen Jakutsk zu gelangen, braucht der Frost zwölf Tage, nämlich vom 17. bis 29. September. Zu einem Vorrücken um einen Breitengrad nach Süden braucht der Frost auf dieser Strecke 1.1 Tage. Von dort bis Blagowestschensk, das $11^3/_4{}^0$ südlicher liegt, gelangt er in weitern 19 Tagen, und zwar am 18. Oktober, was ein Vorrücken um einen Breitengrad in 1.6 Tagen bedeutet. Um das $7^1/_4{}^0$ südlicher gelegene Mukden zu erreichen, hat er 19 Tage, bis zum 6. November, nötig, was einem Vorrücken um 1° in 3.8 Tagen entspricht. So finden wir das bestätigt, was wir aus der Karte sofort ablesen konnten, nämlich die Verlangsamung der Geschwindigkeit der Bewegung der äquatorialen Frostgrenze im Herbste in der Richtung nach Süden."

Das mittlere Datum des Endes der Frostperiode betreffend, zeigt sich, daß das Zurückweichen der äquatorialen Frostgrenze im Frühlinge in umgekehrter Weise analog erfolgt, wie das Vorrücken im Herbste. Der Verlauf der Linien gleicher Frostdauer ist im wesentlichen derselbe wie derjenige der im vorhergehenden besprochenen Linien gleicher Eintritts-, bzw. Endzeiten des Frostes. Wieder sehen wir in der Karte die Abnahme der Dichte der Linien von der Südgrenze des Frostes weg. Scharf gegeneinander abgegrenzt zeigen uns sich die beiden Arten von Linien in der Karte, die nördlichen nach dem Typus der Sommerisothermen und die südlichen nach demjenigen der Winterisothermen. Von der Südgrenze des Frostes gegen Norden ändert sich die Frostdauer sehr rasch, später weit langsamer. Die Änderung ist am langsamsten in der Mitte der nördlichen Kontinente.

Die Beziehungen zwischen Druck und Temperatur bei mit der Höhe veränderlichen Temperaturgradienten hat Dr. A. Defant

studiert.[1]) Bei Untersuchungen über meteorologische Probleme, bei denen es namentlich auf eine Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf atmosphärische Vorgänge ankommt, hat man bis jetzt fast ausschließlich als Beziehung zwischen Druck und Temperatur die Poissonsche Formel angewendet; damit beschränkte man sich von vornherein nur auf jene Fälle, in denen von einer Wärmezufuhr oder -abfuhr abgesehen werden konnte. Dr. Defant sucht nun in seiner Abhandlung eine Beziehung zwischen Druck und Temperatur auch für solche Fälle abzuleiten, in denen man die Wärmezufuhr oder -abfuhr nicht mehr vernachlässigen kann. Die Poissonsche Beziehung gilt bloß in jenen Fällen, in welchen wir eine adiabatische Temperaturverteilung mit der Höhe vor uns haben. Weicht der Temperaturgradient vom adiabatischen Werte ab, so ist eine Anwendung der Poissonschen Beziehung nicht mehr gestattet. Eine beliebige vertikale Temperaturverteilung als gegeben vorausgesetzt, können wir nun die Temperatur in jeder Höhe uns folgendermaßen entstanden vorstellen. Wir lassen die Luft adiabatisch aufsteigen; dadurch nimmt sie die nach dem Poissonschen Gesetze definierte Temperatur an; sodann führen wir ihr noch in jedem Augenblicke so viel Wärme zu, als sie benötigt, um die vorgegebene Temperatur in jener bestimmten Höhe anzunehmen. Für konstante Temperaturgradienten brauchen wir diese Wärmemenge erst am Ende der adiabatischen Bewegung hinzuzufügen; anders verhält es sich bei mit der Höhe variabeln Gradienten. Um die vorgegebene Temperaturverteilung zu erhalten, muß in jedem kleinen Zeitelemente diese Wärmemenge hinzugefügt werden und dann über alle Wärmemengen integriert werden. Aus der thermischen Grundgleichung folgt dann die Beziehung zwischen Druck und Temperatur in jeder beliebigen Höhe. Die abgeleitete Beziehung hat gewisse Ähnlichkeit mit der Poissonschen Gleichung, nur kommt noch ein Glied hinzu, welches ihre Form wesentlich modifiziert. Als Beispiel berechnet Dr. Defant diese Beziehung mit numerischen Werten für jene mittlern vertikalen Temperaturverhältnisse, die sich nach den Beobachtungen der Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten für die Atmosphäre über der mitteldeutschen Tiefebene ergaben.

Luftdruck.

Der ungewöhnlich hohe Barometerstand im Januar 1907. Hierüber bringt O. V. Johansson mehrere Mitteilungen, aus denen folgendes hervorgehoben werden möge.[2])

Nach den Petersburger Wetterberichten scheint es, als wäre das Maximum vom Eismeere in der Nähe vom Ural ins europäische

[1]) Wiener akad. Berichte 1907. p. 397.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1906 p. 226.

Rußland eingedrungen. Der Luftdruck stieg vom 19. zum 20. Januar schnell zu einer Höhe von 795, und in den folgenden Tagen bis zum 25. kann man den Weg dieses Maximums über Europa verfolgen. Es zog erst in Südwestrichtung über Nordrußland südlich vom Weißen Meere (am 20. und 21.), über Südostfinnland (am 22.), veränderte dann seine Richtung zu einer mehr südlichen, zog über Livland und Kurland (am 23.), wo es seine größte Höhe von etwa 800 *mm* erreichte, über Westrußland und schließlich mehr nach Südsüdosten über Volhynien und Moldau in der Richtung gegen Konstantinopel (am 24. und 25.). Am 26. Januar war das Zentrum schon außerhalb Europas.

Der in fünf Tagen (vom 20. bis zum 25.) durchlaufene Weg des Maximums war ungefähr 300 *km* lang, woraus eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 25 *km* pro Stunde hervorgeht. Am größten war die Geschwindigkeit am 23. Januar (etwa 40 *km* in der Stunde), wahrscheinlich, weil zu dieser Zeit ein niedriges Minimum von Nordnorwegen sehr schnell hervortrat und einen starken Druck nach Süden ausübte. Hierdurch wurde auch die Bewegungsrichtung des Maximums zu einer südlichen verändert, insbesondere weil die Temperatur auf der Ostsee und westlich davon bedeutend höher war als auf der Ostseite und in Westrußland (am 22. somit 10 bis 20° höher).

Interessant sind auch die Erscheinungen, die durch das Zusammenwirken des Maximums und des oben erwähnten Minimums entstanden. Im Norden fiel das Barometer außerordentlich schnell, in $3^1/_2$ Tagen zu Kola von 791.8 auf 732.3, also um 59.5 *mm*, in einem Tage sogar 29 *mm*. Hierdurch wurden die barometrischen Gradienten von einer sehr selten vorkommenden Größe. Trotzdem war die Luftbewegung zu derselben Zeit noch nicht besonders groß, aber in den folgenden Tagen traten überall im Norden sehr häufige Stürme ein. Das Steigen der Temperatur war ebenfalls außerordentlich rasch in Finnland. Kuopio hatte z. B. am 22. um 9 Uhr nachmittags —32°, aber 10 Stunden später nur —10°, und somit eine Temperaturerhöhung von 2.2° in der Stunde.

Ebenso kamen große Temperaturunterschiede in vertikaler Richtung vor. In Pawlowsk beobachtete man z. B. in etwa 200 *m* Höhe am 23. Januar etwa 10 Uhr vormittags eine 11.4° höhere Temperatur als in der Nähe vom Erdboden. Am Aeronautischen Observatorium Lindenberg hatte man ebenso am 24. Januar in 500 *m* Höhe —16.0°, aber in 1900 *m* Höhe —6.0° beobachtet. Diese großen Temperaturinversionen deuten, wie auch entsprechende Windverhältnisse, darauf hin, daß die untersten Luftschichten damals noch unter dem Einflusse des Maximums, die obern wiederum unter demjenigen des Minimums standen.

Am 22. Januar lag das Zentrum des Maximums über Finnland, und hier wurden die höchsten bisher bekannten Barometerstände

beobachtet. Um 7 Uhr vormittags traten die höchsten Stände nördlich vom Ladogasee ein, Kuopio hatte 798.9 (reduziert, Höhe = 100 *m*), Wärtsila 799.3? (Höhe 78 *m*?), Sordavala (Höhe 17 *m*) 798.7. Um 2 Uhr nachmittags hatte Wiborg (Höhe 7 *m*) 799.0, Tammerfors (Höhe 91 *m*) 799.1. Abends war das Zentrum schon außerhalb Finnlands, südlich vom Finnischen Meerbusen, und von finnischen Orten hatten Helsingfors (Höhe 12 *m*) und Wiborg die höchsten Barometerstände, 799.0, bzw. 799.2. Der höchste sichere Stand, der in Finnland beobachtet oder registriert wurde, war 799.4 *mm* am 22. in Helsingfors.

Die Temperaturen, welche zur Zeit dieses Luftdruckmaximums beobachtet wurden, waren auch ungewöhnlich niedrig und kamen in Finnland dem absoluten Minimum für die letzten 20 Jahre sehr nahe.

Über die unperiodischen Luftdruckschwankungen und einige damit zusammenhängende Erscheinungen verbreitete sich Nils Ekholm.[1])

In zwei frühern Aufsätzen hat er schon diese Luftschwankungen besprochen.[2]) Aus einer großen Anzahl synoptischer Karten, in denen diese Schwankungen durch angenähert zwölfstündige Luftdruckdifferenzen veranschaulicht wurden, ergab sich, daß dieselben nicht eine Folgeerscheinung der Zyklonen und Antizyklonen sind, wie bisher fast allgemein angenommen worden ist, sondern eine selbstständige Erscheinung, die bei ihrer Fortbewegung immer das vorhandene Isobarenfeld abändert und bei hinlänglicher Intensität bewegliche Zyklonen und Antizyklonen erzeugt und mit sich schleppt. Diese beweglichen Wirbel sind von den stationären Zyklonen und Antizyklonen verschieden. Aber auch die letztern werden von den Luftdruckschwankungen stark beeinflußt und ebenso diese von jenen. Wie aus den bisher gemachten Beobachtungen der Temperatur der obern Luftschichten hervorgeht, werden diese Schwankungen im allgemeinen dadurch hervorgerufen, daß die Temperatur der obern Luftschichten sich ändert. Das Barometer an der Erdoberfläche fällt, wenn die Temperatur in der Höhe steigt, und umgekehrt, was in physikalischer Hinsicht sehr einfach und natürlich ist. Hiermit soll nicht geleugnet werden, daß auch die Bewegung der Luftmassen und deren Feuchtigkeitsgehalt den Luftdruck an der Erdoberfläche beeinflußt, aber es scheint doch aus den Beobachtungen hervorzugehen, daß die runden oder länglichen und sich schnell fortbewegenden Steigungs- und Fallgebiete des Luftdruckes, welche die gewöhnlichen Schwankungen sind, fast ausschließlich von den Temperaturänderungen der obern Luftschichten verursacht werden. Da man nunmehr weiß, daß die Temperatur dieser Luft-

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 1.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1904. p. 335. — Hann-Band 1906. p. 228.

schichten bis zu einer Höhe von mehr als 20 *km*, soweit die Beobachtungen sich erstrecken, sehr veränderlich ist, und zwar, wie es scheint, mit zunehmender Höhe immer veränderlicher, so sieht man ein, daß die Ursache der an der Erdoberfläche stattfindenden Luftdruckschwankungen in allen möglichen Höhen bis zu wenigstens 20 *km* zu suchen ist. Als Beleg führt Ekholm die von Teisserenc de Bort veröffentlichten Diagramme der Temperatur der obern Luftschichten von Paris während der ersten Hälfte von März 1903[1]) an. Daraus geht hervor, daß die Luftdruckschwankungen, welche während der ersten Tage dieses Monats über Nordfrankreich zogen, hauptsächlich durch eine Temperaturschwankung in den obern Luftschichten von etwa 7000 bis 14000 *m* verursacht wurden. In solchen Fällen stehen wohl meistens die Luftdruckschwankungen in keiner nähern Beziehung zu dem Isobarenfelde an der Erdoberfläche, was sich auch erfahrungsgemäß bestätigt, indem die entsprechenden Fall- und Steigungsgebiete sich fast geradlinig aus einer gewöhnlich westlichen Richtung fortbewegen. In andern Fällen aber, wo die Temperaturänderungen in einer geringern Höhe stattfinden, bemerkt man meistens, daß die Bahnen der isallobarischen Gebilde die stationären Zyklonen und Antizyklonen umkreisen, und zwar so, daß auf der nördlichen Halbkugel der höhere Druck rechts von der Bahn liegt. Diese Regel hat Ekholm folgendermaßen erklärt. Die Luftdruckschwankung wird durch eine obere Depression, d. h. einen in den obern Luftschichten auftretenden Wirbel zyklonischer Natur verursacht, und die dabei entstehenden Luftströmungen bewirken, daß der Wirbel sich nach der Richtung hin fortbewegt, wo die Luftströmung am wärmsten ist, eine Erklärung, welche wesentlich dieselbe ist, wie diejenige, welche Mohn für die Bewegung der Zyklonen aufgestellt hat. Nach dieser Erklärung muß der obere Wirbel sich genau so fortbewegen wie das von demselben erzeugte Fallgebiet an der Erdoberfläche, und da die Temperatur der obern Luftschichten in der Regel vom Äquator polwärts und vom Kerne einer stationären Antizyklone zu demjenigen einer stationären Zyklone abnimmt, so werden durch diese Annahme die tatsächlichen Bewegungen der Fall- und Steigungsgebiete am besten erklärt. Hierdurch soll natürlich nicht geleugnet werden, daß auch die allgemeine Luftströmung in der Atmosphäre und in den stationären Zyklonen und Antizyklonen, welche etwa in derselben Richtung wie die Bewegung des obern Wirbels stattfindet, demselben ihre eigene mittlere Strömungsgeschwindigkeit mitteilen muß. Indessen kann diese Luftströmung nicht die Temperaturschwankung in den obern Luftschichten und folglich auch nicht die dadurch erzeugte Luftdruckschwankung hervorrufen und somit nicht die wesentliche Ursache der Erscheinung sein.

---

[1]) Meteorol. Zeitschr., Hann-Band, p. 226.

Grundzüge einer Theorie der synoptischen Luftdruckveränderungen von Dr. Felix M. Exner. Eine zweite Mitteilung an die K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien[1]) schließt sich an die Arbeit mit gleichem Titel vom Jahre 1906 an. Sie bezweckt, den Einfluß der Wärmezufuhr und Wärmeentziehung, welchen die Kontinente und Meere der Erde auf die über ihnen lagernden Luftmassen ausüben, bei der Rechnung der Luftdruckveränderungen zu verwerten. Die in der ersten Mitteilung gemachte Voraussetzung von adiabatischer Luftbewegung ist daher hier fallen gelassen worden; es soll nunmehr in höhern Breiten, von denen hier allein die Rede ist, im Winter das Festland einen abkühlenden, das Meer einen erwärmenden Einfluß auf die darüberliegende Luftsäule haben. Die Berechnung der Luftdruckveränderung mit der Zeit ist im übrigen unter ähnlich einfachen Voraussetzungen, wie in der ersten Mitteilung, durchgeführt worden. Es wurde eine Differentialgleichung aufgestellt, durch welche die zeitliche Druckänderung an einem Orte der Erdoberfläche als Funktion der Ost—West-Gradienten des Druckes und der zugeführten Wärme gegeben ist.

Da bisher nichts Ausreichendes über die letzte Größe bekannt ist — es handelt sich um die Wärmemenge, welche einer Luftsäule von bestimmter Höhe durch den Einfluß von Wasser und Land in der Zeiteinheit zugeführt, beziehungsweise entzogen wird —, so wurde der Versuch gemacht, dieselbe aus dem beobachteten Verlaufe der mittlern Isobaren des Winters auf der Erdoberfläche zu berechnen. Hierzu wurde eine einfache Verteilung der Wärmezufuhr auf einem Weltkörper mit je zwei Meeren und zwei Kontinenten, die gleich groß sind und symmetrisch liegen, angenommen. So ergab sich z. B., daß unter 60° Breite der Druck im Laufe eines Tages um 5 *mm* Quecksilber durch die Abkühlung am Kontinente steigt, um den gleichen Betrag infolge der Erwärmung am Meere fällt, sofern keine andere Ursache für eine Druckänderung vorhanden ist. Da die Annahmen ganz schematische sind, und nur die Größenordnung jener Wirkungen gesucht wurde, kann obiges Resultat für unsere Erde nur in Analogien verwendet werden.

Wurde die Differentialgleichung für die Annahme einer Anfangsverteilung des Luftdruckes, welche geschlossene Hoch- und Tiefdruckgebiete enthielt, integriert, so ergab sich der Druck als Funktion von Ort und Zeit. Er war im allgemeinen gegeben als Summe zweier von Westen nach Osten fortschreitender Wellen, einer durch den Einfluß von Wasser und Land bedingten (als „thermische Welle" bezeichnet) und einer durch die West—Ost-Bewegung der Anfangsverteilung hervorgerufenen. Die Periodendauer der ersten betrug 11 Tage für den fingierten Weltkörper, die Periode des Druckes selbst 22 Tage. Derselbe stellte sich so trotz der einfachen Annah-

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1907. p. 251.

men als recht komplizierte periodische Funktion dar; einige Wetterkarten und Druckkurven illustrieren seinen Verlauf. Der Einfluß von Land und Meer macht sich auf den Karten sehr stark geltend. Die Minima haben über dem Kontinente die Tendenz, sich aufzulösen, am Meere die, sich zu vertiefen. Auch ihre Geschwindigkeit wird recht ungleich; z. B. kann eine Depression, wenn die beiden Wellen in günstiger Phase aufeinandertreffen, an der Westküste der Kontinente stark verzögert werden.

Diese Erscheinungen erinnern, so schematisch sie sind, an den wirklichen Verlauf der Luftdruckänderungen, weswegen es sehr wahrscheinlich ist, daß auch der letztere wesentlich aus zwei periodischen Funktionen zusammengesetzt ist, einer thermischen Welle, die durch die Wärmezufuhr über Land und Meer bedingt ist, einer andern Welle, die durch die West—Ost-Bewegung der gegebenen Druckverteilung entsteht, wobei die vorhandenen kleinern Luftdruckgebilde lokalen Wärmequellen ihren Ursprung verdanken dürften. Die Wärmezufuhr auf unserer Erde ist leider so gut wie unbekannt. Aus der Rechnung folgt, daß es höchst wünschenswert wäre, sie zum Gegenstande eingehenden Studiums zu machen.

Vieltägige Perioden des Luftdruckes. In der Abteilung VI der 79. Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden 1907 sprach Prof. E. Herrmann (Altona) über seine Untersuchungen zu der Frage der tatsächlichen vieltägigen Perioden des Luftdruckes. Auf den synoptischen Wetterkarten des Atlantischen Ozeans sieht man häufig zonale Verteilungen des Luftdruckes, die in ihrer Anordnung stark abweichend und bisweilen direkt entgegengesetzt sind, wie es nach der herrschenden Theorie der allgemeinen Luftzirkulation zwischen den Polen und dem Äquator sein sollte. Aus einer Analyse der Luftdruckverteilung über dem Atlantischen Ozeane folgert Prof. Herrmann, daß neben den allgemeinen Schwankungen des Luftdruokes, die als pol- oder äquatorwärts fortschreitende Wellen oder als stehende Schwingungen angesehen werden können, auch noch eine gewisse Regelmäßigkeit in der Gestaltung und der Bewegung der Maxima und Minima des Luftdruckes vorhanden ist, die eine von Westen nach Osten fortschreitende Welle ergeben. Die mittlere Verteilung des Luftdruckes fällt dabei nicht mit den geographischen Breitenkreisen zusammen, sondern ihr Pol scheint ähnlich wie der erdmagnetische Pol vom geographischen abzuweichen. Nach verschiedenen Methoden vorgenommene Versuche, Anhaltspunkte für die zeitlichen Perioden des Luftdruckes und der Luftdruckverteilung zu finden, führten zur Annahme von Mondperioden. Die für vier weit auseinander liegende europäische Stationen durchgeführten Summierungen der Morgenbeobachtungen des Barometers zeigen in ihrem Gange einen augenfälligen Parallelismus mit Mondperioden, der auf stehende Schwingungen von solchen

Perioden hinweist. Die Amplituden der diese Summen wiedergebenden Kurven erreichen Werte bis zu 11 *mm*. Systematische Abweichungen der einzelnen Kurven werden als fortschreitende, in den Perioden enthaltene Wellen gedeutet. Die Verschiedenheit der Kurven für verschieden gelegene Zeiträume wird damit erklärt, daß nicht nur die Periode einer Mondstellung in ihnen zur Geltung kommt, sondern daß auch noch Perioden von kürzerer Dauer als bei einem Mondumlaufe in Form von Oberschwingungen auftreten. Von den unmittelbaren Mondperioden und ihren Teilperioden abweichende Perioden werden als Kombinationswellen einer Jahresperiode und des Einflusses der Jahreszeiten auf die Mondperioden angesehen, so daß also die Luftdruckverteilung wenigstens zum Teile als eine Funktion des Jahres und von Mondumläufen sich darstellte. Die Entwicklung dieser Funktion durch harmonische Analyse nach den Phasen dieser Perioden soll die einzelnen Luftdruckperioden in ihrer Abhängigkeit von Sonnen- und Mondumläufen ergeben.

Die Luftzirkulation in den tropischen Gebieten des Atlantischen Ozeans. - L. Teisserenc de Bort und L. Rotch haben die Ergebnisse ihrer bezüglichen Versuche im Jahre 1906 veröffentlicht.[1]) Folgendes sind die Hauptergebnisse derselben.

Die aus Norden bis Osten wehenden Passatwinde haben eine Höhenausdehnung, die im allgemeinen einige hundert Meter nicht übersteigt. Die folgende Tabelle zeigt, daß der Temperaturabfall in dieser Schicht ein sehr rascher ist; die Zahlen wurden aus Drachen- und Ballon-sondes-Aufstiegen gewonnen:

Vertikale Temperaturabnahme in °C. pro 100 *m*.

Beobachtungsort (Drachenaufstiege)	0 bis 200 *m*	200 bis 400 *m*	400 bis 600 *m*	600 bis 800 *m*	800 bis 1000 *m*	1000 bis 1100 *m*	1100 bis 1200 *m*	1200 bis 1400 *m*
Nördlich von 25° NBr.	1.3	1.0	0.6	0.35	0.4	0.1	0.8	—
Südlich von 25° NBr.	1.0	0.9	0.3	—0.75	—0.5	0.0	—1.0	0.7

Sechs Ballon-sondes-Aufstiege (im Mittel in 30° nördl. Br.) ergaben in den ersten 500 *m* einen vertikalen Temperaturgradienten von 1.8°; das Minimum des Gradienten stellte sich bei etwa 1250 *m* ein.

Sechs Ballon-sondes-Aufstiege (im Mittel in 1° nördl. Br.) ergaben für die untern 500 *m* eine Temperaturabnahme von 1.2° und zeigen in etwa 1000 *m* Höhe eine Temperaturumkehr.

Über der Schicht rascher Temperaturabnahme liegt eine Zone, in welcher die Windgeschwindigkeit abnimmt, und gewöhnlich eine Temperaturinversion eintritt. Diese Tatsache ist speziell für das Gebiet um die Azoren und Madeira herum, sowie für Gebiete in 26° nördl. Br. von Prof. Hergesell bereits festgestellt worden; sie gilt aber ganz allgemein für die nördliche tropische Zone und wurde

[1]) Compt. rend. **144**. 772. — Meteorol. Zeitschr. 1907, p. 362.

auch im Gebiete des Südostpassats auf der südlichen Hemisphäre bis zur Ascensioninsel verifiziert.

Oberhalb des Nordostpassates beobachtet man gewöhnlich Windströmungen aus verschiedenen Richtungen; am häufigsten ist der Nordwest vertreten, doch finden sich auch andere Windrichtungen vor. In größerer Höhe trifft man auf Strömungen mit südlicher Komponente, die den Gegenpassat darstellen. Diese Strömung beginnt in der Nähe des Äquators in einer Höhe von über 2000 *m* und findet sich über der tropischen Zone in einer mittlern Höhe von 2500 *m*; in der Breite von Teneriffa liegt diese Schicht einige hundert Meter höher.

Wie bereits gesagt, stellt der Gegenpassat uns einen reinen Effekt der Erdrotation dar; er kommt von Südost, dreht sich nach Süden, schließlich nach Südwest und geht dann in der Breite der Azoren in einen Westwind über.

In der Nähe des Äquators, im Gebiete des aufsteigenden Luftstromes, herrscht in sämtlichen untersuchten Schichten (d. h. vom Meere bis 14 *km* Höhe) die östliche Komponente der Windströmung absolut vor. Bei Ascension findet sich oberhalb des Südostpassates ein Wind mit nördlicher Komponente (der Gegenpassat) der südlichen Halbkugel. In Zwischenschichten kamen, entsprechend dem Nordost unserer Hemisphäre, südöstliche Winde vor. Nördlich der tropischen Region sind Passat und Gegenpassat nicht mehr so regelmäßig ausgebildet. In diesen Breiten kommt es vor, daß der Passat sich bis zu 6 bis 8 *km* Höhe erstreckt, der Gegenpassat ist nach rechts oder links abgelenkt. Dies sind jedoch nur Übergangsstadien.

Nördlich von 25° Br. finden sich Passat und Gegenpassat vorherrschend im Gebiete der Kanarischen Inseln bis zu 37° westl. L. Gegen Amerika hin finden sich in den untern Schichten vorzüglich Süd- und Südostwinde, was sich zur Genüge aus der Luftdruckverteilung erklärt, die selbst wieder durch die Temperaturverteilung bedingt ist.

Wolken und Niederschläge.

Wolkenbildung über San Franzisko während des Brandes. Einige Beobachter haben die Bildung von Cumuluswolken über San Franzisko während des großen Brandes wahrgenommen, der das Zerstörungswerk des Erdbebens vom 18. April 1906 fortgesetzt hat. In „Science“ vom 5. April d. J. teilt Prof. George D. Louderback von der California-Universität seine Beobachtungen hierüber mit. Er kam am 19. April morgens aus Nevada am Oakland-Pier an, wo er mehrere Stunden aufgehalten wurde, und wurde hier durch den Anblick der aufsteigenden Rauchsäule gefesselt. Der über der großen brennenden Fläche der Stadt sich entwickelnde schwarze Rauch zog sich ziemlich schnell zusammen und stieg als dicke Säule mit

schwach kegelförmiger Basis zu beträchtlicher Höhe empor. Oben breitete sie sich zu einer horizontalen Schicht aus, die schwach nach Nordwesten trieb. Diese horizontale Rauchwolke dehnte sich von der Säule auch ein wenig nach Süden aus. Über ihrer obern Fläche und gerade über dem vertikalen Säulenschafte lag nun eine Cumuluswolke, die an ihrer Oberfläche vier oder fünf schön regelmäßig geformte rein weiße Kuppeln zeigte. Sie unterschied sich nicht nur durch Form und Lage von den übrigen sichtbaren Wolken, sondern auch durch Farbe und Glanz, und Louderback glaubt, daß sie aus reinen Wasserpartikeln bestand und unbefleckt war von den Rauchteilchen, die der horizontalen Schicht den Charakter verliehen. Louderback beobachtete sie mit Unterbrechungen mehrere Stunden, während er auf die Überfahrt wartete, und nahm nur eine geringe Veränderung wahr. Gegen 5 Uhr nachmittags konnte er in einem Boote nach San Franzisko hinüberfahren. Während er sich der brennenden Stadt näherte, war die sinkende Sonne durch den Rauchzylinder verschleiert, und später durch tiefere Rauchschichten, die überraschende uud zauberhafte Absorptionseffekte hervorbrachten.[1])

Die angebliche wolkenzerstreuende Kraft des Mondes ist von Otto Meißner untersucht worden[2]) auf Grund der in Potsdam am magnetischen Observatorium täglich 9^h nachmittags, 10^h nachmittags und um Mitternacht angestellten Schätzungen der Bewölkung, während eines Zeitraumes von 80 Lunationen (etwa $6^1/_2$ Jahren). Wenn der behauptete Mondeinfluß wirklich stattfände, so müßte etwa zur Vollmondszeit, also um den 15. Tag, ein Minimum der Bewölkung eintreten, dies Minimum müßte sich ferner verschieben und für Mitternacht auf einen spätern Termin fallen. Von alledem zeigen die auf Grund der Beobachtungen entworfenen Tabellen nichts; sie deuten nur das Gegenteil an: die behauptete wolkenzerstreuende Kraft des Mondes existiert nicht; sie ist eine auf psychologischer Grundlage beruhende Täuschung: abends lösen sich die Wolken, zumal stratocumulus, sehr häufig auf, und dieser Vorgang ist viel leichter zu verfolgen, wenn die Wolken vom Monde beleuchtet werden, fällt daher um die Vollmondszeit mehr auf und prägt sich dem Gedächtnisse mehr ein als zur Zeit des Neumondes.

Aber, sagt Meißner, ein gewisser Einfluß des Mondes ist, so regellos die Zahlen auch zunächst verteilt scheinen, doch wenigstens angedeutet: es zeigt sich, wenn auch nur ganz im allgemeinen, ein Minimum der Bewölkung um Neumond, ein Maximum um oder kurz nach Vollmond.

Die Entwicklung unserer Kenntnis von der Bildung und Konstitution der Wolken behandelte kritisch Dr. V. Conrad.[3])

---

1) Globus 1907. p. 18.
2) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 200.
3) Meteorol. Zeitschr. 1907. Heft 4.

Halley und Leibniz haben zu Anfang des 18. Jahrhunderts die bis in die neuere Zeit festgehaltene Hypothese aufgestellt, daß die flüssig-wässerigen Wolkenelemente sich in Form von ungemein dünnwandigen Bläschen aus dem Wasserdampfe abscheiden.

Die Größe dieser Elemente wurde wohl zum ersten Male von Kratzenstein mikroskopisch gemessen und der Durchmesser zu ungefähr 0.01 *mm* gefunden.

So richtig die Größenordnung beinahe vor anderthalb Jahrhunderten angenommen war, so unglücklich erwies sich die „Bläschen"- oder „Vesikular"-Hypothese, die aber, einmal aufgestellt, immer mehr Scheingründe für sich gewann. Das Schweben der Tröpfchen einerseits, das scheinbare optische Verhalten anderseits, schien die Annahme von Dampfbläschen unumgänglich zu machen. Die Clausiusche Theorie der blauen Farbe des Himmels gab dann der Vesikulartheorie noch eine physikalische Grundlage.

A. Waller scheint einer der ersten gewesen zu sein, der eine objektive mikroskopische Prüfung der Kondensationselemente des Wasserdampfes unternommen hat und auf Grund derselben die Ansicht aussprach, daß von „Bläschen" absolut nichts zu sehen sei, und nur volle Tropfen existieren.

Das scheinbare Schweben der Tröpfchen hat Stokes mit Hilfe des Luftwiderstandes dahin erklärt, daß die Tröpfchen nicht wirklich schweben, sondern mit geringer Geschwindigkeit fallen."

Wie Dr. Conrad zeigt, erhält man für einen Tropfen von 0,01 *mm* Radius theoretisch eine Fallgeschwindigkeit von 1 *cm* pro Sekunde.

Ein solcher Tropfen würde also anderseits durch einen aufsteigenden Luftstrom von 1 *cm* in Schwebe pro Sekunde gehalten werden.

„Man sieht demnach, daß ein Wolkenelement in ruhender Luft ungemein langsam fällt, solange es sich nicht vergrößert. Es würde etwa $2^3/_4$ Stunden brauchen, um eine Schicht von 100 *m* Dicke zu durchfallen. Mit wachsendem Radius wächst die Fallgeschwindigkeit mit dem Quadrate des Radius, so daß ein Tropfen von 0.1 *mm* Radius bereits eine Geschwindigkeit von 1 *m* pro Sekunde erlangen würde; aber immerhin in einer 1000 *m* dicken Wolkenschicht noch etwa 15 Minuten bleiben würde — ein Resultat, das für die Erklärung der Regenbildung sicherlich nicht ohne Wichtigkeit ist.

Wächst der Tropfenradius über eine gewisse Größe hinaus, so hört die lineare Proportionalität des Luftwiderstandes und der Geschwindigkeit auf, und man muß den Luftwiderstand proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit setzen. Die Fallgeschwindigkeit wird also mit wachsendem Tropfenradius viel langsamer zunehmen.

Wenn wir uns von der Konstitution der Wolken ein klares Bild machen wollen, so ist hierzu die Kenntnis dreier Größen notwendig: 1. Die Masse des Einzeltropfens (Radius); 2. die Fallgeschwindigkeit desselben; 3. die Zahl der Tropfen im Kubikzentimeter.

Während die ersten zwei Größen im vorigen behandelt worden sind, läuft die Kenntnis der Zahl der Tropfen auf die Frage nach dem Gehalte der Wolken an flüssigem Wasser hinaus, da ja die Masse des Einzeltropfens als bekannt anzunehmen ist.

Der Gehalt einer Wolke an flüssigem Wasser wurde nach Hann von Schlagintweit, Dines, Fugger und Pernter gemessen. Da bei diesen Messungen sich die angewandten Methoden bei Wiederholung der Versuche nicht vollkommen zweckmäßig erwiesen, hat der Verfasser mittels anderer Versuchsanordnungen bei einer Anzahl Messungen den Wassergehalt der Wolken in der Größenordnung von Grammen pro Kubikmeter gefunden. Die dichtesten untersuchten Wolken enthielten 5 *g* pro Kubikmeter. Ausnahmslos ergaben sämtliche Messungen das Resultat, daß der Gehalt der Wolke an gasförmigem Wasser jenen an flüssigem Wasser immer übersteigt.

Aus der so ermittelten Größe für den Wassergehalt ergibt sich die Zahl der Tropfen im Kubikmeter Wolke (r = 0.01 *mm*) zu tausend Millionen. Im

Kubikzentimeter befinden sich danach 1000 Tropfen. Der mittlere Abstand der einzelnen Tropfen voneinander ergibt sich also bei einer regelmäßig gedachten Anordnung zu etwa 1 *mm*...

Die Frage nach der Bildung der ersten Kondensationselemente gestaltete sich äußerst schwierig, nachdem Coulier und Mascart nachgewiesen hatten, daß zur Kondensation Sättigung und Übersättigung nicht genügt, sondern Kondensationskerne vorhanden sein müssen, an denen die Kondensation stattfindet.

Lord Kelvin hat diese Beobachtungstatsachen durch die Theorie gestützt, indem er zeigte, daß man nicht von einem absoluten Sättigungswerte sprechen kann, sondern daß derselbe bei einer und derselben Temperatur über konkaven Flächen kleiner als über ebenen, über ebenen kleiner als über konvexen Flächen ist. Wenn sich also auch kernlose Tropfen, die man sich von molekularer Größenordnung denken müßte, bilden würden, so müßten dieselben infolge ihrer starken Krümmung sofort wieder verdampfen.

Aitken und eine große Reihe anderer Forscher haben nun nachgewiesen, daß die Atmosphäre wirklich eine ungeheure große Anzahl von Kondensationskernen in Form von Staub enthält. Freilich gilt dies nur von den untern Schichten.

Denkt man sich diese Staubkerne als mit ebenen Begrenzungsflächen begabte Körperchen, so würde hier die Schwierigkeit der Bildung der ersten Tropfen wegfallen.

Nun hat aber Aßmann bei seiner mikroskopischen Untersuchung der Nebeltropfen sich bemüht, die bei der Verdunstung rückständigen Staubkerne direkt zu sehen. Dies ist nicht gelungen. Aßmann schließt hieraus, daß die Staubkerne kleiner als 0.00025 *mm* sein müssen. Wenn also auch an diesen Teilchen die erste Kondensation stattfindet, so erhalten wir immer erst noch Tropfen von äußerst kleinem Radius, deren Beständigkeit nach dem Vorhergesagten nicht ohne weiteres sicher ist.

Es hat nun H. Mache mit Hilfe der Kelvinschen Theorie eine Beziehung aufgestellt, mittels deren man bei gewissen Annahmen den Radius des kleinsten Tropfens berechnen kann, der gerade nicht mehr verdampft, sondern einer Vergrößerung durch weitere Kondensation fähig ist."

Auf diese Rechnung kann hier nicht näher eingegangen werden; Dr. Conrad teilt sie übrigens mit und findet, daß mit steigender Übersättigung immer kleinere Tropfen möglich sind. Für die untern Schichten können wir schließen, daß es dort keine Tropfen gibt, die kleiner als 0.0002 *mm* sind. Bei steigender Temperatur wird es in einem und demselben Niveau leichter zur Wolkenbildung kommen. „Aus dieser Rechnung," fährt Dr. Conrad fort, „kann man einiges über die Wolkenbildung erschließen. Wenn Mache zu dem Schlusse kommt, daß die Rolle der Kondensationskerne für die Regenbildung nur dem Staube in der Atmosphäre zukommt, so muß man diese Meinung doch mit einer gewissen Reserve hinnehmen. Während nämlich der kleinste kritische Radius 0.00024 *mm* war, scheint Aßmann festgestellt zu haben, daß die Staubkerne unter der Größe von 0.00025 *mm* waren. Staub, der unter der oben genannten Grenze liegt, wird sich für die Bildung der ersten Kondensationsprodukte nicht eignen, da die sich bildenden Tropfen in Übersättigungen, die nur mit halbwegiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden können, sofort verdunsten müßten.

Man wird also in erster Linie nur die Kondensation des Wasserdampfes aus relativ großen Staubkernen zugestehen können, wie sie wohl beim Bodennebel im allgemeinen und im besondern beim Stadtnebel sicher vorkommen. Auch vulkanischer Staub, dessen quantitative Rolle in der Atmosphäre freilich ganz unentschieden ist, hätte nach Pernter geeignete Dimensionen, um als Kondensationskerne zu dienen, nämlich $r = 0.0001$ *mm*.

Eine Art der „Staubkerne" muß man aber hier ausnehmen. Es sind dies die Salzkerne, auf die zuletzt Lüdeling anläßlich seiner luftelektrischen und Staubmessungen an der Nordsee hingewiesen hat, und die nach seinen Beob-

achtungen bei Ebbe und schönem Wetter zu Hunderttausenden im Kubikzentimeter Luft vorkommen. Auch Melander hat schon früher auf das zahlreiche Vorkommen der Salzkerne in der Luft hingewiesen.

Es haben nämlich Helmholtz und Aitken nachgewiesen, daß zwischen den Partikeln von Salmiaknebeln, Schwefelnebeln usw. und den Wassermolekeln chemische Attraktionskräfte wirksam sind, so daß der Eintritt solcher Partikel in einfach gesättigte Luft Anlaß zu Kondensation geben kann. Helmholtz findet sogar, daß die so entstandenen Tröpfchen weiter bestehen, wenn auch der Versuchsraum nicht mehr gesättigt ist, und nennt diese Nebel die permanenten Nebel. Helmholtz weist auch schon auf die Bedeutung dieses Experimentes für die Erklärung der Stadtnebel hin, bei denen effektiv oft die Sättigung nicht erreicht wird. Wenn man nun den Salzkernen ähnliche Eigenschaften zuschreiben kann, was ja recht plausibel erschiene, so würden gerade diese Salzkerne die wirksamsten und verbreitetsten Kondensationskerne darstellen, da die auf ihnen gebildeten Tropfen infolge der chemischen Affinität zwischen den Kernen und den Wassermolekeln nicht dem sofortigen Verdampfen preisgegeben wären. Durch die Annahme der Salzkerne wäre auch die Atmosphäre über den ungeheuern Meeresflächen, die ja Dreiviertel der Erdoberfläche ausmachen, mit wirksamen Kondensationskernen versorgt.

Es scheint also, daß diesen Salzkernen eine recht große Bedeutung für die Bildung der ersten Kondensationsprodukte in den untern Schichten der Atmosphäre zukommt. Nun hat aber Lüdeling bei zwei seiner Ballonfahrten Staubzählungen vorgenommen und in Höhen über 3000 *m* bei scheinbar aufsteigendem Luftstrome verschwindend kleinen Staubgehalt gefunden. Hier setzt natürlich eine große Schwierigkeit ein, über die jedoch die Ionenforschung hinweg zu helfen scheint. Es hat C. T. R. Wilson gezeigt, daß auch in ganz staubfreier Luft Kondensation stattfinden kann, wenn Übersättigung und Ionen vorhanden sind. Damit die Kondensation an den negativen Ionen stattfindet, muß eine vierfache, damit dieselbe an den positiven Ionen stattfindet, eine etwa sechsfache Übersättigung vorhanden sein. Sind diese Bedingungen vorgegeben, dann bilden sich an den Ionen Tropfen, deren Größe der Macheschen Theorie gemäß freilich genügend wäre, um sich dann auch im nur wenig übersättigten Raume weiter zu entwickeln. Nach den Messungen von J. J. Thomson, P. S. Townsend, K. Przibram und J. Nabl beträgt die Größe solcher Urtropfen 0.00038 bis 0.00045 *mm*. Man hätte es hier also von vornherein mit „lebensfähigen" Tropfen zu tun, die noch außerdem durch die Kontaktenergie der Ionen auf die Wasserdampfmolekeln gegen sofortiges Verdampfen bei einpunktigen Temperaturänderungen geschützt sind.

Auch der Zahl nach würden die Ionen als Nuclei für die höhern Schichten der Atmosphäre genügen, indem H. Ebert für die Schichten von etwa 3000 *m* die Größenordnung von 1000 Ionen pro Kubikmeter findet; dies ist aber gerade auch die Größenordnung der Tropfenzahl im Kubikzentimeter Wolke.

So schön diese Hypothese viele Erscheinungen erklärt, werden wir uns doch fragen müssen, ob es in der freien Atmosphäre so leicht zu so abnormen Übersättigungen wird kommen können, und es wirklich möglich ist, daß ein gesättigter Luftstrom „ohne jede Kondensation etwa 1800 *m* emporsteigt", um die absolut notwendige vierfache Übersättigung zu erreichen, trotzdem es immer Staubkerne geben wird, die unten durch ihre Kleinheit noch nicht tauglich zur Kondensation waren, bei etwas größerer Übersättigung es aber werden, so daß man sich hier wohl einen kontinuierlichen Vorgang denken könnte.

Schließlich scheint noch eine Beobachtungstatsache gegen starke Übersättigungen zu sprechen; daß nämlich der Gehalt an flüssigem Wasser einer Wolke gegen jenen an gasförmigem bei weitem zurücksteht. In der freien Atmosphäre liegen wohl die Verhältnisse etwas anders als auf Berggipfeln, aber dennoch wäre dieser Umstand einigermaßen zu berücksichtigen."

Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Eine Untersuchung hierüber ist von H. Keller veröffentlicht worden[1]), welche das vorhandene Material nach strengen Gesichtspunkten prüft und verwertet, wobei allerdings das große Hellmansche Werk nicht mehr nach seiner ganzen Bedeutung ausgenutzt werden konnte. Aber auch so ist die Kellersche Untersuchung von hohem Werte.

„Die alte Handwerksregel, sagt der Verfasser, wonach ein Drittel des Niederschlages zum offenen Abflusse gelangen, ein zweites Drittel durch Verdunstung verloren gehen, und das letzte Drittel versickern soll, ist noch nicht ganz außer Kurs gesetzt, obgleich sie mit den Ergebnissen der genauern Untersuchungen schlecht übereinstimmt. Weil vom versickerten Wasser ein wesentlicher Teil in Quellenform zum Abflusse kommt, der Rest durch Bodenverdunstung und Pflanzenleben als Wasserdampf ausgeschieden wird, ist die Versickerung nur eine Übergangsform im Kreislaufe des Wassers. Um das Verhalten des Kreislaufes kennen zu lernen, wäre die Messung der mittlern jährlichen Abflußhöhe und Verdunstungshöhe nötig. Da sich aber den Verdunstungsmessungen große Schwierigkeiten in den Weg stellen, ist die Messung der abfließenden Wassermengen, aus denen die Abflußhöhen ermittelt werden, um so wichtiger. Mit der erforderlichen Genauigkeit lassen sich indessen die Abflußmessungen nur dort bewirken, wo längere Reihen von Wasserstandsbeobachtungen vorhanden sind und befriedigend nachgewiesen ist, welche Beziehungen zwischen dem Wasserstande und der Abflußmenge bestehen. Eine diese Beziehungen verzeichnende Abflußmengenlinie muß auf sorgfältigen Messungen der bei verschiedenen Wasserständen abfließenden Mengen beruhen. Man tastet im Dunkeln und täuscht sich selbst, wenn nach vereinzelten Messungsergebnissen eine über die ganze Pegelhöhe reichende Linie entworfen wird, die hernach als Grundlage für wichtige Schlußfolgerungen dient. Auch auf die Genauigkeit der Messungen selbst haben manche Untersuchungen zu wenig Wert gelegt und hierdurch an ihrer Überzeugungskraft eingebüßt.“

Die Untersuchung erstreckt sich zunächst auf die vergleichende Darstellung der Beziehungen, die im Jahresmittel zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in verschiedenen Flußgebieten bestehen.

Verfasser betont, daß man bei Betrachtung der mittlern Abflußhöhe eines Flußgebietes innerhalb einer genügend langen Jahresreihe von den Verschiebungen absehen könne, die im Kreislaufe des Wassers dadurch verursacht werden, daß ein Teil der Niederschläge erst nach vorheriger Versickerung verspätet zum Abflusse oder zur

---

[1]) Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen 1 Nr. 4. Berlin 1906.

Verdunstung kommt. In einem einzelnen Abflußjahre werde nicht alles Wasser, das in Dampfform vom Meere her auf das Festland gelangt ist, wieder zurückgeführt, sondern je nach der Beschaffenheit des Gebietes und nach der Stellung des Abflußjahres in der Flucht der Jahre mehr oder weniger. Der Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß (x — y = z) sei in verschiedenen Jahren verschieden groß, je nach der Größe der Verdunstung einesteils, der Zunahme oder Abnahme des unterirdisch aufgespeicherten Wasservorrates andernteils. Wenn aber die mehrjährige Reihe genügende Länge habe, um in letzterer Hinsicht das Zuviel der abflußreichen Jahre gegen das Zuwenig der abflußarmen Jahre auszugleichen, lasse sich der Unterschied z als mittlere Verdunstungshöhe auffassen.

„Je größer die mittlere Niederschlagshöhe einer Landfläche im Vergleiche zur mittlern Abflußhöhe ist, um so häufiger vollzieht sich innerhalb dieser Fläche ein Wechsel zwischen der flüssigen oder festen Erscheinungsform des Wassers und seiner Dampfform. Die vom Meere zugeführten und auf dem Festlande kondensierten Massen des Wasserdampfes müssen nach ihrer Verdunstung abermals niedergeschlagen werden, und diese Umwandlung muß sich in den meisten Gebieten mehrfach wiederholen, da die Niederschlagsmassen gewöhnlich mehrfach größer als die Abflußmassen sind.

Das Abflußverhältnis der festen Erdoberfläche nach Abzug der abflußlosen Gebiete ist auf etwa 25 bis 30% ermittelt worden. Im einzelnen wird seine Größe von den klimatischen Verhältnissen und der Sonderbeschaffenheit eines jeden Stromgebietes bedingt. Diese spiegeln sich deutlich im Abflußverhalten seiner Gewässer ab, und Wojeikof hat schon darauf hingewiesen, daß ein großer Strom das Mittel aus den klimatischen Einwirkungen seines Stromgebietes wiedergibt. Da Mitteleuropa nicht durch einen einzigen großen Strom entwässert wird, sondern durch zahlreiche Ströme und Flüsse, so würde sich das Mittel nur bilden lassen, wenn man die Summen der zusammengehörigen Zahlenwerte für alle diese Gewässer und ihre Niederschlagsgebiete miteinander vergleicht. Mit Rücksicht auf die geringe Bedeutung der weitaus meisten Küstenflüsse genügt es aber, den Vergleich auf die wichtigsten Gewässer und Stromgebiete zu beschränken.

Für die in Ost- und Nordsee mündenden Ströme Memel, Pregel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser und Ems liefern unsere Strombeschreibungen den größten Teil der erforderlichen Angaben. Nach Vornahme der notwendigen Ergänzungen können wir näherungsweise feststellen, wie groß die mittlern jährlichen Abflußmassen und die entsprechenden Niederschlagsmassen jener Stromgebiete bis zu den unweit ihrer Mündungen gelegenen Meßstellen sind. Hieraus ergeben sich Näherungswerte für die mittlere Abfluß- und Niederschlagshöhe der Landfläche, die das nördliche Mitteleuropa mit Ausnahme eines Streifens längs der Meeresküsten umfaßt. Durch

Hinzufügung gleichartiger Angaben für das Gebiet des Rheines bis zur Meßstelle bei Köln und für das Gebiet der Donau bis zur Meßstelle bei Wien gewinnen wir einen Überblick über Abfluß und Niederschlag, mithin auch über die Verdunstung einer 834300 *qkm* großen Landfläche, die sich über den weitaus größten Teil Mitteleuropas erstreckt. Die einstweilen untunliche Einbeziehung der hierbei nicht berücksichtigten Flächen, hauptsächlich der Küstenflußgebiete, der niederrheinischen Flußgebiete und des Marchgebietes, würde voraussichtlich am Ergebnisse wenig ändern. Man darf daher die Untersuchung als gültig für das gesamte Mitteleuropa ansehen, unter welcher Bezeichnung wir zusammenfassen: Deutschland, Westrußland, Österreich und die Schweiz bis zum Kamme der Hauptkette der Alpen."

Ohnehin kann es sich, wie Keller betont, vorläufig nur um einen Überblick handeln, da zu einem streng richtigen Vergleiche die Unterlagen nicht genau und gleichwertig genug sind.

Das von Keller benutzte Material beruht hauptsächlich auf den großen amtlichen Strombeschreibungen und bezieht sich auf 40jährige Beobachtungsreihen (1851 bis 1890). Die folgende von ihm berechnete Tabelle gibt an, wie groß die aus den mittlern jährlichen Niederschlags- und Abflußmassen der oben genannten Stromgebiete abgeleiteten mittlern Niederschlagshöhen (x) und Abflußhöhen (y) der Ostgruppe (Memel, Pregel, Weichsel), der Übergangsgruppe (Oder, Elbe), der Westgruppe (Weser, Ems), der Alpenstromgruppe (Rhein, Donau), des nördlichen Mitteleuropa und des gesamten Mitteleuropa sind. Die folgende Spalte enthält Angaben über die mittlere Verdunstungshöhe ($z = x - y$), die letzte Spalte die in runden Zahlen mitgeteilten Größen der Gebietsflächen bis zu den Meßstellen der Abflußmassen. Diese Stellen liegen am Memelstrome bei Tilsit unterhalb der Juramündung, am Pregel bei Tapiau oberhalb der Stromteilung, an der Weichsel bei Pieckel oberhalb der Stromteilung, an der Oder bei Hohensaathen unterhalb der Warthemündung, an der Elbe bei Artlenburg oberhalb der Tidegrenze, an der Weser bei Baden unterhalb der Allermündung, an der Ems bei Meppen unterhalb der Hasemündung, am Rhein bei Köln und an der Donau bei Wien.

Gebietsgruppe	Niederschlagshöhe x in *mm*	Abflußhöhe y in *mm*	Verdunstungshöhe z in *mm*	Gebietsfläche *qkm*
Ostgruppe (Memel, Pregel, Weichsel)	605.5	169.5	436.0	297 900
Übergangsgruppe (Oder, Elbe) .	595.2	154.5	440.7	244 400
Westgruppe (Weser, Ems) . . .	716.1	252.5	463.6	46 100
Nördliches Mitteleuropa	609.9	169.7	440.2	588 400
Alpenstromgruppe (Rhein, Donau)	962.4	501.8	460.6	245 900
Gesamtes Mitteleuropa	713.8	267.6	446.2	834 300

Das Detail der sehr umfangreichen Rechnungen Kellers kann hier nicht weiter spezialisiert werden, wir wenden uns vielmehr direkt zu den Ergebnissen seiner Untersuchung, die er mit folgenden Ausführungen gibt: „Auf Grund der Niederschlags- und Abflußmessungen in den wichtigsten Stromgebieten ist ein Abflußgesetz ermittelt worden, das für das Durchschnittsverhalten der aus Flachland, Gebirgsland und Hochgebirge bestehenden mitteleuropäischen Gebiete bestimmte Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Jahresmittel festlegt. Die Erwägung, daß im Mittel einer genügend langen Jahresreihe Ausgabe und Einnahme für ein beliebiges Flußgebiet gleich groß sein müssen, hat ferner dazugeführt, die mittlere Abflußhöhe als gleichwertig mit der Meereszufuhr anzusetzen und den Niederschlag x als Summe von Meereszufuhr m und Landverdunstung l zu betrachten. Beim Durchschnittsverhalten entsprechen jedem Werte von m bestimmte Werte von l und x. Die Meereszufuhr wächst rasch mit der Gunst der Kondensationsbedingungen. Mit der wachsenden Meereszufuhr nimmt die Landverdunstung in geringem Maße, die Niederschlagshöhe in großem Maße zu. Dementsprechend findet, wenn die Niederschlagshöhe bekannt ist, und die Abflußhöhe gesucht wird, eine rasche Zunahme der Abflußhöhe mit der wachsenden Niederschlagshöhe statt. Jedoch übertragen sich die durch das Sonderverhalten der Gebiete erzeugten Abweichungen der Landverdunstung vom Durchschnittsverhalten im gleichen Sinne und in gleicher Größe auch auf die Niederschlagshöhe, nämlich auf die Summe von Landverdunstung und Meereszufuhr.

Infolge dieser Abweichungen ändert sich für die Einzelgebiete die Zusammensetzung der Niederschlagshöhe gegen das vom durchschnittlichen Abflußgesetze bezeichnete Verteilungsmaß. Einer bestimmten Meereszufuhr entspricht bei Gebieten mit zu kleiner Landverdunstung eine kleinere Niederschlagshöhe als nach dem Durchschnittsverhalten, bei zu großer Landverdunstung eine größere Niederschlagshöhe. Das Verhältnis zwischen Meereszufuhr und Niederschlagshöhe, gleichbedeutend mit dem Abflußverhältnisse des Gebietes, übertrifft mithin bei Gebieten mit zu kleiner Landverdunstung den durchschnittlichen Betrag, bleibt dagegen bei Gebieten mit zu großer Landverdunstung hinter diesem Betrage zurück. Die verdunstungsarmen Gebiete besitzen also ein gegen den Durchschnitt zu großes, die verdunstungsreichen Gebiete ein zu kleines Abflußvermögen.

Die Größe der Meereszufuhr richtet sich nach den Kondensationsbedingungen für den durch größere Luftströmungen auf das Festland getragenen und dort weiter verbreiteten ozeanischen Wasserdampf. Beim Aufsteigen an dem windseitigen Abhange einer Bodenerhebung wird um so mehr Regen ausgeschieden, je mehr sich das Höhenland über das niedrige Vorland erhebt. Die kondensierte

22*

Wassermasse wächst an der Luvseite mit der Seehöhe, was auf der Leeseite nicht oder nur in geringem Maße geschieht. Ferner ist die Meereszufuhr bei den zuerst vom vorherrschenden Regenwinde getroffenen Bodenerhebungen verhältnismäßig größer als bei den weiter zurückliegenden, am größten jedoch bei den als Wetterfänge wirkenden Hochgebieten und an der Alpenmauer, die den Luftaustausch nach Süden verhindert.

Beim Vergleiche der verschiedenen Gebiete kommt ihre mittlere Höhenlage im Sommerhalbjahre mehr zur Geltung als in der kalten Jahreshälfte. Das Flachland erhält im Sommer meist eine sehr geringe, das Gebirgsland eine größere und in den höhern Teilen recht große, das Hochgebirge die größte Meereszufuhr. Der Gegensatz zwischen Flachland und den Wetterfängen des Gebirges wird in der verdunstungsreichen Jahreshälfte verschärft durch Entziehung des landverdunsteten Wasserdampfes aus dem niedrigen Vorlande und Zuführung zu den Gebieten mit günstigen Kondensationsbedingungen. Im Winterhalbjahre, in dem das Kondensationsniveau niedriger liegt, verschiebt sich das Verhältnis einigermaßen zum Vorteile der minder hohen westlichen und nördlichen Bodenerhebungen, die bei den während dieser Jahreszeit im Norden Mitteleuropas am häufigsten auftretenden großen atmosphärischen Wirbeln, den ozeanischen Wasserdampf aus erster Hand empfangen. Die das Hochgebirge im Sommerhalbjahre östlich umgehenden atmosphärischen Wirbel verstärken bei den östlichen Gebirgen die sommerliche Meereszufuhr.

Die Größe der Landverdunstung, d. h. des im Gebiete verdunsteten und wieder niedergeschlagenen Wasserdampfes richtet sich einesteils nach den Verdunstungsbedingungen, andernteils nach Größe und Verteilung der Meereszufuhr, die den Stoff für die Verdunstung liefert. Nach der Meereszufuhr stuft sich das überall ziemlich geringe Maß in der kalten Jahreshälfte ab, so daß die winterliche Landverdunstung mit den bessern Kondensationsbedingungen von Norden nach Süden, vom Flachlande zum Hochgebirge zunimmt. In der warmen Jahreshälfte bekämpfen sich jedoch die nahezu gleichstarken Einwirkungen der Meereszufuhr, die eine Zunahme in entgegengesetzter Richtung verursachen möchten; die Temperaturwirkung behält in schwachem Maße das Übergewicht. Im Jahresmittel gleichen sich die einander bekämpfenden klimatischen Bedingungen derart aus, daß beim Durchschnittsverhalten die Verdunstung mit der wachsenden Meereszufuhr nur ganz langsam zunimmt.

Um so kräftiger macht sich bei der Landverdunstung die Sonderbeschaffenheit der Einzelgebiete geltend, die erhebliche Abweichungen vom Durchschnittsverhalten hervorruft. Unter sonst gleichen Verhältnissen der Temperatur und Meereszufuhr ist das Maß der durch Verdunstung im Gebiete selbst erzeugten, bei örtlich aufsteigender Luftbewegung kondensierten Niederschläge um so kleiner, je bessern

Schutz die Gebietsfläche gegen Verdunstung gewährt. Das in flüssiger oder fester Form niedergeschlagene Wasser kann gegen Rückkehr in Dampfform bei Hochgebieten durch raschen Abfluß aus dem Gebiete über die Meßstelle der Abflußmengen hinweg geschützt werden. Einen mehr oder weniger wirksamen Schutz bietet bei umfangreichen Gebietsflächen die Aufspeicherung des in den durchlässigen Boden versickerten Wassers, das die unterirdischen Wasservorräte vermehrt, oder die Ansammlung des Schnees in ausgedehnten Schneefeldern, namentlich im vergletscherten Hochgebirge. Die Oberflächengestalt und Durchlässigkeit des Bodens nebst den klimatischen Besonderheiten eines Gebietes bedingen daher vorzugsweise die Größe der Landverdunstung, die im Flachlande gewöhnlich geringer als im Gebirgslande, in Meeresnähe kleiner als bei Annäherung an das Festlandsklima ist.

Für die jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagshöhe ergibt sich hieraus folgende Regel: Beim Durchschnittsverhalten nimmt die Niederschlagshöhe in der kalten Jahreshälfte mit der wachsenden Meereszufuhr erheblich schneller zu als in der warmen Jahreshälfte. Denn für die in Mitteleuropa hauptsächlich in Betracht kommenden Werte der halbjährlichen Meereszufuhr und Landverdunstung ist im Winterhalbjahre der Anteil der Meereszufuhr am Niederschlag größer als derjenige der Landverdunstung. Dagegen bildet im Sommerhalbjahre die Meereszufuhr einen kleinern Anteil des Niederschlages als die Landverdunstung, und zwar fällt er um so kleiner aus, je geringer die sommerliche Meereszufuhr und die sommerliche Niederschlagshöhe ist. Bei denjenigen Gebieten, die ihre Meereszufuhr hauptsächlich im Sommerhalbjahre zur Zeit der stärksten Landverdunstung erhalten (Hochgebiete des östlichen Gebirgslandes, Alpenflußgebiete) lassen sich aus der jahreszeitlichen Verteilung des Niederschlages keine Rückschlüsse auf die Größe der Meereszufuhr ziehen. Wohl aber deutet bei denjenigen Gebieten, die sie vorzugsweise im Winter empfangen (namentlich im nördlichen Mitteleuropa), das stärkere Hervortreten des winterlichen Niederschlages auf ein günstiges Verhältnis zwischen Meereszufuhr und Landverdunstung hin. Nach den obigen Hinweisen bietet die Heranziehung der Abflußhöhen, die das Maß der halbjährlichen Meereszufuhr einzuschätzen gestatten, ein Hilfsmittel zur Beurteilung der Erscheinungen, die uns durch die meteorologischen Beobachtungen bekannt sind. Anderseits erlaubt die aus diesen Beobachtungen hervorgehende jahreszeitliche Verschiedenheit des Niederschlages in manchen Fällen Rückschlüsse auf die Beurteilung des Abflußvermögens eines Gebietes.

Wir haben ferner gesehen, daß beim Durchschnittsverhalten der mitteleuropäischen Stromgebiete ein mittlerer Jahresniederschlag von 916 *mm* zu gleichen Teilen aus Meereszufuhr und Landverdunstung zusammengesetzt ist. Bei Gebieten mit kleinerer

Niederschlagshöhe vergrößert sich der Anteil der Meereszufuhr mit der zunehmenden Niederschlagshöhe rasch. In Flußgebieten mit weniger als 916 *mm* mittlerm Jahresniederschlage überwiegt durchschnittlich die Landverdunstung, hängt also die Höhe des Jahresniederschlages vorzugsweise von den Verdunstungsbedingungen ab. In Flußgebieten mit mehr als 916 *mm* mittlerm Jahresniederschlage überwiegt durchschnittlich die Meereszufuhr, hängt also die Höhe des Jahresniederschlages vorzugsweise von den Kondensationsbedingungen des ozeanischen Wasserdampfes ab. Zur erstgenannten Gruppe gehören im allgemeinen die Gebiete des Flachlandes und die ausgedehntern Gebiete des Gebirgslandes. Zur letztgenannten Gruppe gehören im allgemeinen die Hochgebiete des Gebirgslandes und die Alpenflußgebiete.

Während bei den ältern Untersuchungen über die Abflußerscheinungen die Sonderbeschaffenheit der einzelnen Flußgebiete und ihre Einwirkung auf das Abflußverhältnis zu einseitig betrachtet wurde, sind die neuern Untersuchungen meist in den umgekehrten Fehler verfallen und haben der Beziehung zum mittlern Jahresniederschlage eine zu weit gehende Bedeutung beigemessen. Als ein Ergebnis unserer eigenen Arbeit erachten wir den Nachweis, daß die Errungenschaften der ältern und neuern Forschungen miteinander vereinbar sind, wenn man auf beide eine Betrachtungsweise anwendet, die zu unterscheiden gestattet, was allgemeine Gültigkeit hat, und was nur für den einzelnen Fall zutrifft.

Die zum Gemeingute der physikalischen Geographie gewordenen Sätze, daß die Ströme das Mittel aus den klimatischen Zuständen ihrer Stromgebiete widerspiegeln, sowie daß Gleichgewicht besteht zwischen der Zufuhr ozeanischen Wasserdampfes und dem in das Meer zurückgebrachten Abfluß, bilden die Grundlagen unserer Untersuchung. Sie haben dazu geführt, aus den Ermittlungen über die Abflußerscheinungen der mitteleuropäischen Stromgebiete ein für ihre Gesamtheit beim Durchschnittsverhalten gültiges Abflußgesetz abzuleiten, das in den klimatischen Verhältnissen Mitteleuropas seine Begründung findet. Die Betrachtung des mittlern Jahresniederschlages und der halbjährlichen Niederschläge als Summen der gleichzeitigen Meereszufuhr und Landverdunstung hat den Überblick erleichtert über die Ursachen, die das abweichende Verhalten der Einzelgebiete bedingen.

Für die Lösung der Aufgabe, aus der bekannten Niederschlagshöhe eines Flußgebietes die unbekannte Abflußhöhe oder das Abflußverhältnis zu finden, kann man sich der bildlichen Darstellungen oder der ihnen zugrunde liegenden Formeln bedienen. Sie geben an, wie groß durchschnittlich die jener Niederschlagshöhe entsprechende Abflußhöhe und das Abflußverhältnis bei den mitteleuropäischen Flußgebieten ist. Ferner zeigen sie, bis zu welchen Grenzen eine durch das Sonderverhalten eines Gebietes bedingte Abweichung

sich bewegen kann. Auch die jahreszeitliche Verschiedenheit des Niederschlages läßt sich unter gewissen Bedingungen zu dieser Einschätzung verwenden.

Die Zahlenwerte, die bei unserer Untersuchung benutzt worden sind, machen auf Zuverlässigkeit in strengem Sinne keinen Anspruch. Vielmehr handelt es sich um Näherungswerte, die genau genug ermittelt sind, um ein Bild der Abflußerscheinungen in großen Zügen zu entwerfen. Die Gesichtspunkte, von denen die Darstellung ausgeht, sind jedoch unabhängig von der Genauigkeit der Zahlen."

Die zonenweise Verteilung des Niederschlages ist von Dr. F. v. Kerner studiert worden.[1]) Das vorhandene Material an Beobachtungen der Regenverhältnisse ist noch sehr unzulänglich, und Messungen liegen nur bezüglich der Landflächen vor. Man kann sonach für die Niederschlagshöhe überhaupt noch keine Zonen- und Hemisphärenmittel in dem Sinne wie für die Luftwärme und den Luftdruck bilden. Es bieten aber immerhin schon Schätzungen der Regenhöhe für die festländischen Anteile der Erdgürtel Interesse.

Der erste diesbezügliche Versuch wurde von John Murray gemacht, und zwar auf Grund der Karte von Loomis, die ihrerseits das erste, für seine Zeit fast kühne Unternehmen war, die Niederschlagsverteilung auf dem Gesamtfestlande der Erdoberfläche kartographisch darzustellen. Die mit Benutzung des seither reichlich angewachsenen Beobachtungsmaterials konstruierte verbesserte Regenkarte von Supan lud dazu ein, John Murrays Versuch auf neuer Grundlage zu wiederholen.

Diese Karte der Verteilung der mittlern jährlichen Regenmenge[2]) enthält sechs Stufen, von denen die ersten vier je 250 *mm* hoch sind, so daß sich als Durchschnittswerte 125, 375, 625 und 875 *mm* ergeben, die fünfte von 1000 bis 2000 *mm* reicht (Durchschnitt 1500 *mm*), und die letzte alle Regenhöhen über 2000 *mm* in sich schließt. Unter der Annahme eines gleichmäßigen Anstieges der zwei obersten Stufen wurde für die letzte 2500 *mm* eingesetzt. Für den ostindischen Archipel, der unter den der obersten Stufe zugeteilten Regionen wegen der sehr großen Zahl und langen Funktionsdauer seiner Regenstationen für die Frage am meisten maßgebend ist, ward ein Gesamtdurchschnitt von 252 *cm* angenommen. Für Assam (nebst Ostbengalen) findet man nach v. Bebber 265 *cm*, nach Blanford 239 *cm* angegeben, was im Durchschnitte ebenfalls 252 *cm* ausmacht.

Für das auf Supans Karte in Südamerika der Stufe 6 zugezählte Amazonasgebiet würde man aus den freilich sehr kurzen Beobachtungen zu Manaos, Iquitos und San-Antonio als allerdings höchst provisorisches Mittel 236 *cm*, für Guyana im Mittel aus Georgetown, Paramaribo und Cayenne 247 *cm* erhalten. Die weit

[1]) Mitt. d. K. K. Geogr. Ges. in Wien 1907 p. 139.
[2]) Petermanns Erg.-Heft 124.

über 250 *cm* betragenden Regenhöhen der Westküsten Vorder- und Hinterindiens beschränken sich auf relativ schmale Landstriche und kämen zunächst als Kompensation für allenfalls unter 250 *cm* zurückbleibende größere Gebiete in Betracht; doch wird 2500 *mm* als schätzungsweiser Gesamtdurchschnitt der Regenhöhe in Supans sechster Zone immerhin noch einen untern Grenzwert darstellen.

Die Ausmessung erfolgte von 5 zu 5° Breite von 70° N. bis 50° S. auf halbe Millimeter genau. Dieser Vorgang entsprang aber nicht dem Bestreben, dem zu gewinnenden Resultate einen Schein von Exaktheit zu verleihen, welcher den der zugrunde gelegten Karte weit übersteigen würde; sie geschah nur zu dem Zwecke, alle jeweilig vorhandenen Intensitätsstufen überhaupt zu berücksichtigen, denn an den Küsten und Gebirgsabhängen drängen sich die Stufen vielerorts so außerordentlich eng zusammen, daß bei einer weniger genauen Ausmessung, als der angewandten, die Vertretung einzelner Stufen gar nicht zur Geltung käme.

Die folgende vom Verfasser gegebene Tabelle enthält in Kolumne I die für die Breitengrade direkt erhaltenen mittlern Regenhöhen, in Kolumne II die ausgeglichenen Werte derselben. In Kolumne III sind die vor kurzem von Bezdek[1]) gleichfalls auf Grund von Supans Regenkarten bestimmten Werte, in Kolumne IV die aus Murrays Zonenwerten durch graphische Interpolation erhaltenen Werte zum

φ	I	II	III	IV	V	VI
70N.	210	226	305	350		
65	317	312			407	400
60	440	431	510	480		
55	516	495			572	590
50	484	499	635	590		
45	524	503			677	610
40	457	490	720	530		
35	557	527			732	590
30	510	544	745	600		
25	632	586			705	730
20	524	641	665	820		
15	1001	969			1037	1020
10	1320	1322	1410	1920		
5	1649	1640			1702	2120
0	1933	1846	1995	1950		
5S	1780	1757			1735	2030
10	1510	1483	1475	1710		
15	1102	1107			1325	1320
20	787	807	1175	750		
25	574	605			987	710
30	515	538	800	660		
35	592	559			747	750
40	500	605	695	940		
45	933	818			745	1130
50	793	812	795	1160		

[1]) Abrégé du B. S. hongroise de G. 1904.

Vergleiche beigefügt. In Kolumne V sind die von Bezdek, in Kolumne VI die von John Murray für die 10°-Zonen, welche von dem betreffenden Breitengrade halbiert werden, mitgeteilten Regenhöhen — letztere in der von Brückner durchgeführten Reduktion auf metrisches Maß — noch angeschlossen.

Die drei verschiedenen Ermittlungen ergeben zum Teile sehr voneinander abweichende Werte. Die von Dr. v. Kerner erhaltenen sind meistenteils die kleinsten. Im übrigen nähern sie sich teilweise mehr denen von Murray, teilweise weit mehr denen von Bezdek. Im ganzen gewinnt man den Eindruck, daß selbst die Grundzüge des Verlaufes der Kurve der zonaren Niederschlagsverteilung noch nicht klargestellt sind. Nur betreffs des Hauptmaximums zeigt sich eine volle Übereinstimmung bezüglich der Lage (am Äquator) und eine ziemlich große Übereinstimmung hinsichtlich des Zahlenwertes (zwischen 1900 und 2000 *mm*). Aber schon betreffs des letzten Anstieges zu diesem Maximum zeigt sich eine große Ungleichheit, indem derselbe nach Murray (besonders auf der Nordseite) sehr sanft von statten geht, nach den neuen Ermittlungen dagegen steil erfolgt, indem für 10° N. und S. schon bedeutend geringere Regenhöhen als für den Gleicher resultieren.

Was den Kurvenverlauf in der nördlich gemäßigten Zone anbelangt, so weichen Murrays und Bezdeks Resultate sehr bedeutend voneinander ab, indem nach ersterm das sekundäre subtropische Minimum auf 40° und das anschließende sekundäre Maximum auf 50° fällt, nach Bezdek dagegen das erstere auf 20°, das letztere auf 30° zu liegen kommt. v. Kerners Ermittlungen weisen vielleicht den Weg, wie hier ein scheinbar schroffer Gegensatz sich ausgleichen muß. Sie liefern auch das a priori ziemlich naheliegende schwache sekundäre Maximum in den mittlern Breiten (bei 50°, beziehungsweise 45°), anderseits lassen sie aber auch einen sehr langsamen Anstieg bis zu 20° erkennen. Eine vermittelnde Rolle kommt seinen Resultaten auch betreffs des südhemisphärischen Kurvenastes zu. Hier liegt das subtropische Minimum nach Murray bei 30°, nach Bezdek bei 40°. Nach v. Kerners Ausmessungen und Rechnungen ergeben sich für 30° und 40° Minimalwerte, von welchen der für 40° der tiefere ist, der für 30° dagegen in der ausgeglichenen Kurve persistiert. Der im ersten Momente befremdliche Umstand, daß der breite Wüstengürtel der alten Welt die Kurve der zonaren Niederschlagsverteilung so minimal beeinflußt, daß er keine Einsenkung und nur eine Stufe im nordhemisphärischen Kurvenaste hervorbringt, erklärt sich — wie ein flüchtiger Blick auf die Karte zeigt — dadurch, daß dieser Gürtel bei seinem Übergange von Afrika nach Asien seine mittlere geographische Breite rasch verändert, daß der Einfluß, den die Sahara auf die Kurve ausüben könnte, durch den entgegengesetzten des in gleichen Breiten liegenden Indiens völlig wettgemacht wird, der Einfluß der zentralasiatischen Wüsten durch das in der-

selben Breite gelegene Mitteleuropa und mittlere Unionsgebiet eine Kompensation erfährt, und daß endlich in jene Breitenzone, in welche die Nordgrenze des afrikanischen und die Südgrenze des asiatischen regenarmen Gebietes fällt, zugleich die sehr regenreichen Golfstaaten zu liegen kommen.

Die für das Gesamtfestland erhaltene zonare Niederschlagsverteilung erweist sich somit als die Resultierende von sehr verschiedenen Verteilungsformen, als eine völlige Abstumpfung von Gegensätzen. Es hat Interesse, die im Gesamtbilde ganz verwischten Eigentümlichkeiten der Niederschlagsverteilung mit der geographischen Breite in verschiedenen Längenregionen festzustellen. Zu dem Zwecke hat v. Kerner nach Supans Karte die mittlere Regenhöhe jedes fünften Breitengrades für Amerika und für den westlichen und östlichen Abschnitt der alten Welt getrennt bestimmt. Als Grenze zwischen diesen beiden Abschnitten wurde der Ural, der Kaspisee und eine von letzterer zum Persischen Golfe gezogene Linie angenommen. Diese Trennung wich somit von einer Scheidung in die Kontinentpaare Europa—Afrika und Asien—Australien insofern ab, als Vorderasien und Arabien noch zum westlichen dieser Kontinentpaare geschlagen wurden.

Die folgende Tabelle enthält die so direkt erhaltenen (H) und die ausgeglichenen Werte (H′).

φ	Amerika		Westl. alte Welt		Östl. alte Welt	
	H	H′	H	H′	H	H′
70N.	159	174	595	520	211	214
65	270	292	438	493	311	282
60	493	460	557	550	352	357
55	552	560	639	607	420	382
50	650	648	560	603	298	314
45	737	703	695	638	259	272
40	655	715	544	534	286	316
35	871	820	344	340	463	476
30	829	801	127	170	704	756
25	647	750	125	132	1205	1108
20	980	1005	158	275	1220	1285
15	1438	1345	773	746	1561	1502
10	1432	1484	1254	1202	1607	1777
5	1690	1747	1474	1420	2500	2321
0	2235	2051	1426	1417	2500	2500
5S.	1862	1888	1333	1339	2500	2380
10	1618	1553	1272	1266	1900	1851
15	1050	1203	1183	1088	1054	1103
20	1244	1191	618	712	452	532
25	1173	1145	520	526	250	298
30	963	904	454	501	290	368
35	461	552	625	(625)	723	698
40	415	486	—	—	1031	1038
45	724	676	—	—	1375	(1375)
50	793	771	—	—	—	—

Die Regenarmut der Sahara kommt in der mittlern Doppelreihe der nachstehenden Tabelle scharf zum Ausdrucke; das Subtropenminimum wird hier zum Hauptminimum. Die Wüsten Asiens bedingen aber nur eine flache Depression der zonaren Regenkurve dieses Kontinents. Gleichwohl beeinflußt diese Senkung die Lage des nur angedeuteten sekundären Minimums der Kurve für das Gesamtfestland mehr als das tiefe Minimum Nordafrikas, da ihr eine ähnliche Kompensation fehlt, wie sie letzterm durch das regenreiche Indien erwächst. Das äquatoriale Maximum ist in der Osthälfte des altweltlichen Landkomplexes weit stärker ausgeprägt als in dessen westlicher Hälfte. Hier ist es wenig mehr als doppelt so groß, als das sekundäre Maximum der mittlern Breiten, dort übertrifft es dieses letztere um mehr als das Sechsfache. Die Analyse der zonaren Niederschlagsverteilung auf der südlichen Hemisphäre läßt erkennen, daß das Minimum bei 30° von australischer, das Minimum bei 40° von südamerikanischer Herkunft ist.

Bekanntlich wird die Mitteltemperatur eines Parallelkreises als eine von der geographischen Breite und von der prozentualen Landbedeckung abhängige Größe angesehen. Der festländische Niederschlag erscheint aber in sehr hohem Maße von der Verteilungsart der Landbedeckung abhängig. Allerdings ist es auch für die Temperatur des Festlandsteiles eines Parallels nicht ohne Einfluß, ob er einen einzigen breiten Kontinent oder eine Anzahl von schmalen Landstreifen durchquert. Es wird aber doch die geographische Breite der bestimmende Faktor sein. Beim festländischen Niederschlage tritt dagegen der Einfluß der geographischen Breite zurück gegenüber der Abhängigkeit von der Verteilungsart des Landes. Den äquatorialen Gürtel ausgenommen, sehen wir auf der genannten Regenkarte in allen Breiten zwischen 70° N. und 55° S. alle sechs Regenstufen vertreten, und selbst am Äquator fehlt nur die niedrigste derselben.

Außerhalb des Tropengürtels sind die innern Teile der Kontinente regenarm, und der Regenreichtum ist auf die beiden Ränder (mittleres und nördliches Nordamerika, Eurasien, außertropisches Australien) oder auf einen Rand (südliches Südamerika, Südafrika) und auf benachbarte Inseln (Großbritannien, Japan, Madagaskar) beschränkt. Es wird sonach bei gleicher Landbedeckung im Falle, daß das Land zusammenhängend ist, eine niedrige mittlere Regenhöhe resultieren, im Falle aber, daß das Land zerstückt ist, die mittlere Regenhöhe groß sein, weil dann viele regenreiche Randzonen auftreten und bei zunehmender Verschmälerung der Landgebiete regenarme Regionen überhaupt nicht mehr zur Entwicklung kommen. Es spielt hierbei auch die vertikale Gliederung, der Umstand, ob die Landränder und Inselzüge gebirgig sind, eine ausschlaggebende Rolle. Bei der Ableitung von Temperaturmitteln läßt sich bekanntlich der Einlfuß der vertikalen Gliederung eliminieren oder wenigstens

abschwächen, bei der Bildung von Mittelwerten des Niederschlages bietet sich dagegen diese Möglichkeit nicht. Bezüglich der Temperatur des Festlandsteiles eines Parallels kann so die horizontale und vertikale Gliederung des Landes nur eine kleine Zu- oder Abnahme des durch die geographische Breite bestimmten Mittelwertes verursachen. Beim festländischen Niederschlage hängt es aber in erster Linie von diesen beiden Gliederungen des Landes ab, ob ein hoher oder ein tiefer Mittelwert erzielt wird.

Als Folge dieses Umstandes ergibt sich, daß die für die Festlandsteile der Parallelkreise resultierenden mittlern Regenhöhen überhaupt nicht in dem Sinne miteinander vergleichbar sind, wie die Temperaturmittel dieser Parallelkreisteile. Es folgt ferner, daß die zonare Niederschlagsverteilung, auch wenn sie für den Gesamtumkreis, einschließlich der Ozeane, bekannt wäre, sich nicht in jener einfachen Art wie die zonare Temperaturverteilung als Funktion der geographischen Breite und der prozentualen Landbedeckung darstellen ließe. All dieses bringt es mit sich, daß die Bestimmung von mittlern Regenhöhen für die Breitengrade in meteorologischer Hinsicht ziemlich wertlos ist; es schließt dies aber nicht ein geographisches Interesse aus. Vom geographischen Standpunkte aus ist diese Bestimmung ebenso am Platze, wie die von Mittelwerten solcher Erscheinungen, die man, wie z. B. die vertikale Erhebung der Landmassen, wenn auch nicht absolut, so doch im Vergleiche zu den in einfacher und klarer Abhängigkeit von physikalischen Gesetzen stehenden Phänomenen als zufällige bezeichnen möchte.

Unter den fernern Ermittlungen Dr. v. Kerners sind die in den nachstehenden Tabellen gegebenen von allgemeinem Interesse. Diese Tabellen enthalten zunächst (Nr. 1 bis 6) die mittlern Niederschlagshöhen für die nord- und südhemisphärischen Teile der verschiedenen Kontinentalgebiete und (Nr. 7 bis 9) für den landbedeckten Teil der beiden Hemisphären und der ganzen Erdoberfläche. Da die für die korrespondierenden Teile beider Hemisphären und die für die Hemisphären sich ergebenden Werte — wegen der sehr ungleichen Polwärtserstreckung des Landes zu beiden Seiten des Äquators — nicht vergleichbar sind, erschien es passend, auch die mittlern Niederschlagshöhen der zwischen 0° und 45° eingeschlossenen Teile der verschiedenen Landkomplexe anzuführen (Nr. 10 bis 17). In der alten Welt sind diese letztern Werte auf der Südhemisphäre den vorigen gleich (Nr. 14 = Nr. 5, Nr. 15 = Nr. 6). Es folgen weiter (Nr. 18 bis 26) die mittlern Niederschlagshöhen für die Tropen. Die Grenze zwischen den asiatischen und australischen Tropen ist hier — wie die Einrichtung der Tabelle sofort vermuten läßt — der Äquator. Den Schluß bilden Gesamtmittel der Regenhöhe für die Kontinente (Nr. 27 bis 34). Die Umgrenzung derselben weicht hier nach dem an früherer Stelle Gesagten etwas von der gebräuchlichen ab (Grönland zu Nordamerika, Kleinasien und Armenien zu

Europa, Arabien zu Afrika gezogen). Bezüglich Afrikas erschien es passend, auch die Werte für den nördlich und südlich des Äquators gelegenen Teil zu bringen.

Des Vergleiches wegen seien hier die von Murray auf Grund von Loomis' Regenkarte bestimmten mittlern Niederschlagshöhen der Kontinente angeführt.

Nordamerika	730	Afrika	825
Südamerika	1670	Asien	555
Europa	615	Australien	520

Da die von Dr. v. Kerner für die Breitenkreise erhaltenen Regenhöhen durchweg kleiner sind als jene, welche Murray fand, ist es sehr begreiflich, daß es sich betreffs der für die Kontinente bestimmten Werte analog verhält.

		Dezbr. bis Febr.	März bis Mai	August bis Juni	Sept. bis Novbr.	Jahr
		mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
1	Amerika nördl. vom Äquator . . .	138	190	268	221	827
2	Westl. alte Welt nördl. vom Äquator	89	145	215	184	633
3	Östl. alte Welt „ „ „	63	105	239	154	561
4	Amerika südl. vom Äquator	405	390	158	345	1298
5	Westl. alte Welt südl. vom Äquator	435	378	53	194	1060
6	Östl. alte Welt „ „ „	227	226	154	149	756
7	Nordhemisphäre	92	141	238	185	656
8	Südhemisphäre	367	344	127	249	1087
9	Holosphäre	162	193	210	201	766
10	Amerika zwischen 0° u. 45° N. . .	189	277	367	321	1154
11	Westl. alte Welt zwischen 0° u. 45° N.	83	151	224	197	655
12	Östl. alte Welt „ 0° u. 45° N.	87	146	297	210	740
13	Amerika „ 0° u. 45° S.	414	398	157	350	1319
14	Westl. alte Welt „ 0° u. 45° S.	435	378	53	194	1060
15	Östl. alte Welt „ 0° u. 45° S.	227	226	154	149	756
16	Nordhemisphäre „ 0° u. 45° .	107	177	280	228	792
17	Südhemisphäre „ 0° u. 45° .	370	346	125	250	1091
18	Nördl. amerik. Tropen	212	400	530	524	1666
19	Nördl. afrik. Tropen	80	200	335	275	890
20	Asiatische Tropen	161	258	537	509	1465
21	Südl. amerik. Tropen	479	467	167	405	1518
22	Südl. afrik. Tropen	481	426	54	215	1176
23	Australische Tropen	369	373	215	220	1177
24	Nördliche Tropenzone	121	249	410	366	1146
25	Südliche Tropenzone	460	436	136	304	1336
26	Gesamte Tropenzone	277	335	283	337	1232
27	Nordamerika	116	147	234	186	683
28	Südamerika	387	410	219	381	1397
29	Europa	121	128	150	141	540
30	Afrika	180	219	189	201	789
31	Afrika nördl. vom Äquator	74	153	245	205	677
32	Afrika südl. vom Äquator	435	378	53	194	1060
33	Asien	49	92	229	140	510
34	Australien	152	153	72	68	445

Der Regenfall des SW-Monsuns Indiens in seinen Beziehungen zu den Witterungszuständen entfernter Gegenden. Die überaus große Wichtigkeit, welche die Ergiebigkeit der Regen des SW-Monsuns für den Ausfall der Ernte und damit für das Leben vieler Millionen Menschen in Indien besitzt, läßt es höchst wünschenswert erscheinen, meteorologische Kriterien zu besitzen, aus denen man begründete Schlüsse über die Intensität der nächsten Monsunregen ziehen kann. Im Gegensatz zu den kläglichen Wetterprognosen von heute auf morgen, die bei uns vorgeblich dem landwirtschaftlichen Betriebe nützlich sein sollen, handelt es sich in Indien um die Frage, ob es möglich ist, jene Regenergiebigkeit des Monsuns auf mehrere Monate voraus mit einiger Sicherheit zu erkennen. Nach den Erfahrungen, die bis jetzt vorliegen, kann diese Möglichkeit nicht ganz in Abrede gestellt werden, und eine kürzlich erschienene Schrift des Generaldirektors der Indischen meteorologischen Observatorien Gilbert T. Walker enthält die allgemeinen Resultate, zu denen man dort bis jetzt gekommen ist. Aus dieser Schrift gibt Prof. J. Hann einen Auszug[1]), dem das Nachstehende entnommen ist:

Schon in den Jahren 1882 bis 1884 und 1885 hatte Blanford Versuche gemacht, die wahrscheinliche Ergiebigkeit des Regenfalles über Indien im vorhinein anzudeuten. Es wurde dann bestimmt, daß eine Monsunvorhersage jährlich stattfinden solle. Diese ersten Voraussagen waren hauptsächlich basiert auf die Informationen über den Schneefall im Himalaja und auf den allgemeinen Charakter der Verteilung von Luftdruck-, Temperatur- und Windverhältnissen über Indien während des der Regenzeit unmittelbar vorausgehenden Zeitraumes. Blanford glaubte gezeigt zu haben, daß häufiger Schneefall in den Regionen im N und W von Indien eine abnorme Luftdruckverteilung über Nordindien hervorruft, welche dem Vorrücken des SW-Monsuns über diese Gegend ungünstig ist, und als allgemeines Prinzip wurde hingestellt, daß niedriger Luftdruck über einer Area den Betrag des Regenfalles über derselben vermehrt.

Später hat dann John Eliot gezeigt, daß die Verhältnisse über Indien allein nicht genügen, verläßliche, bezügliche Anzeichen zu gestatten, und im Jahre 1894 wurden deshalb zuerst auch Informationen über die Witterungszustände über den Indien umgebenden Meeren dazu benutzt. Von dieser Zeit an wurde der Bereich der in Betracht gezogenen außerindischen Informationen immer mehr ausgedehnt. Beobachtungen von Mauritius, den Seychellen und Zanzibar wurden 1896 zu den Voraussagen mit verwendet, und 1897 auch solche von Afrika und Australien. Wegen der geringen Zahl der Jahrgänge mit Beobachtungen daselbst konnten anfangs die Vergleichungen nur eine wenig sichere Basis für die Voraussagen abgeben, und erst in den letztern Jahren konnten schon mehr statistische Methoden

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 74.

dabei Anwendung finden. Nichts schien zunächst wahrscheinlicher, als daß starker Regen zu Zanzibar und auf den Seychellen im Mai auch auf stärkern Regen schließen lassen möchte, wenn der Monsun später den Äquator überschritten haben wird.

Die spätere Erfahrung hat aber gezeigt, daß gerade das Gegenteil der Fall zu sein scheint. Desgleichen lag es nahe, anzunehmen, daß abnorm hoher Luftdruck über Mauritius, das nahe der Ausgangszone der Monsunströmung liegt, dieselbe verstärken und die mit Feuchtigkeit beladene Luft stärker als sonst über Indien einströmen lassen wird. Auch das hat sich nicht bewährt.

Es möchte scheinen, daß, wenn man die Effekte der verschiedenen bestimmenden Faktoren zuerst einzeln korrekt aufgefunden habe, es dann leicht sein möchte, das Resultat ihres gleichzeitigen Auftretens vorauszusagen. Doch ist auch dieser Vorgang, namentlich wegen Mangel der Kenntnis der obern Luftströmungen, kaum erfolgreich und würde Daten von einer langen Reihe von Jahren erfordern.

Ein Element der Unsicherheit resultiert auch aus der Raschheit, mit der die bestimmenden Faktoren sich ändern. Jahrgänge, in denen während des April und Mai die meteorologischen Bedingungen über Indien und dem Indischen Ozeane sehr ähnlich sind, können in den folgenden Monaten August und September weit auseinandergehen. Deshalb müssen die Vorausbestimmungen, die früh im Juni gemacht werden, weniger verläßlich sein für diese Monate (August, September) als für Juni und Juli. Die Voraussagen für August und September müssen darum auf einer breitern Basis von Informationen erfolgen.

Blanford hat hingewiesen auf die Existenz von Beziehungen zwischen den Luftdruckverhältnissen über Sibirien und Indien, und diesen Gedankengang weiter verfolgend, haben die Lockyers später gezeigt, daß die Oszillationen des Luftdruckes über Südamerika in enger Beziehung zu stehen scheinen mit jenen über dem Indischen Ozeane, aber in entgegengesetztem Sinne verlaufen. Neuere Untersuchungen zeigen, wie es aus dem Gegensatze zwischen Südamerika und Mauritius zu erwarten war, daß in Jahren exzessiven Monsunregenfalles in Indien der Luftdruck über Südamerika zu hoch ist, und umgekehrt; ferner, daß in manchen Jahren, wie 1899, die ungünstigen Anzeichen früher in der westlichen als in der östlichen Hemisphäre austreten.

Der Einfluß des Schneefalles. Eine Tabelle zeigt für 15 in bezug auf letztere mehr oder weniger exzessive Jahrgänge die Abweichungen des Monsunregenfalles über Indien im Juni. Es scheint aus dieser Nebeneinanderstellung hervorzugehen, daß nur in den Fällen starken und spätern Schneefalles, wenn die im Mai mit Schnee bedeckte Area größer als gewöhnlich ist, ungünstige Schlüsse (in bezug auf den Juniregenfall) gezogen werden können.

Einfluß starker Regen in der subäquatorialen Region. Eine Tabelle enthält die Abweichungen des Regenfalles in 13 Jahren (zwischen 1878 und 1905, für Zanzibar fehlen 1879, 1885 bis 1888 und 1890) im April und Mai zu Zanzibar und den Seychellen und daneben die Abweichungen des Regenfalles über Indien in den folgenden Monaten Juni und Juli. Sie zeigt, daß in sieben von neun Jahren, in welchen der Regenfall im Mai zu Zanzibar oder auf den Seychellen um mehr als 4 *cm* zu groß war, in Indien der Regenfall im Gebiete des Bombayzweiges des SW-Monsuns im Juni zu gering ausfiel; im Jahre 1899 war zwar der Juniregenfall etwas über normal, dagegen der Regenfall im Juli viel zu gering; im Juni 1904 war der Regenfall in NW-Indien zu klein; diese beiden Jahre (von sieben) bilden daher auch keine wirkliche Ausnahme. Es scheint, daß diese Beziehungen auch für jenen Zweig des Monsuns, der von der Bai kommt, (das Gangestal als SO aufwärts weht) Geltung haben mag. Eine andere bemerkenswerte Tatsache ist, daß während der 16 Jahre, von denen von den Seychellen Regenmessungen in Vergleich gezogen werden können, in den acht Jahren mit mäßig starkem Schneefalle im Mai (in den Gebirgen NW-Indiens) die Regen auf den Seychellen im April und Mai in Überschuß waren, nur in den Jahren 1899 und 1902 war dies nicht der Fall. Es konnte daher auch der Schluß gezogen werden, daß nicht der Schneefall in Oberindien in erster Linie mit dem Mangel an Niederschlag zusammenhängt, sondern daß derselbe nur das Anzeichen einer Störung in der großen Luftzirkulation ist.

Es ist eine interessante Konsequenz der Lage von Zanzibar nahe dem Wege des Monsuns, der Abessinien den Regen bringt und die Nilflut speist, daß exzessive Regen zu Zanzibar im April und Mai mit mangelhafter Nilschwelle zusammenfallen; und eine weitere Illustration des nicht lokalen Einflusses von starken Schneefällen in den Gebirgen Indiens liegt in der ausgesprochenen Tendenz, daß letztere mit einer zu geringen Nilflut parallel gehen. Ein weiterer Hinweis auf die Beziehungen zwischen starkem Schneefalle in Indien und exzessiven subäquatorialen Niederschlägen ist die enge Verbindung zwischen abnormem Regenfalle zu Zanzibar und den Seychellen im November mit reichlichem Niederschlage in Oberindien in der folgenden kalten Jahreszeit.

Luftdruckverhältnisse. Hoher Luftdruck tritt häufig zuerst über dem Indischen Ozeane, ja selbst in Australien ein und erscheint schließlich auch über Indien. Walker gibt eine Tabelle der Jahre seit 1876, in welchen entweder die Luftdruckabweichung zu Mauritius im Mai mehr als 0.38 *mm* betrug, oder der Regenfall von Juni bis September in Indien eine Abweichung von mehr als 2″ (51 *mm*) zeigte. Es gab zwischen 1876 und 1905 24 solche Jahre. Prof. Hann hat aus dieser Tabelle folgende Beziehungen abgeleitet:

In acht Jahren war der Luftdruck im Mai auf Mauritius zu hoch (Mittel + 0.64 *mm*) und gleichzeitig die Regenmenge über Indien

zu gering (—87 *mm* im Mittel); in elf Jahren war der Luftdruck auf Mauritius zu niedrig (Mittel —0.53 *mm*) und zugleich der Regenfall über Indien zu groß (+80 *mm* im Mittel), nur in fünf Jahren waren die Abweichungen in anderm Sinne.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die Abweichungen des Luftdruckes auf Mauritius im Mai und die der Niederschlagsmenge über Indien in der folgenden SW-Monsunregenperiode das entgegengesetzte Vorzeichen haben, ist demnach 0.80, die Wahrscheinlichkeit gleicher Vorzeichen nur 0.21, viermal kleiner. Bemerkenswerterweise sind auch die Abweichungen des Regenfalles in den erstern Fällen (19) größer (±83 *mm*) als in den letztern (5) (± 61 *mm*).

Walker bemerkt, daß (für alle Jahre offenbar) 40% der Abweichungen des Regenfalles über Indien mit Luftdruckanomalien im Mai auf Mauritius zusammenzuhängen scheinen, die übrigen 60% müssen von andern Faktoren abhängen. Dagegen ist mit den Luftdruckabweichungen des Mai in Kapstadt und jenen von vier australischen Stationen das Verhältnis nur ±9%, also ganz ungenügend. Ähnliches gilt für die Luftdruckabweichungen von sechs sibirischen Stationen (Orenburg, Taschkent, Omsk, Barnaul und Irkutsk). Die Luftdruckabweichungen der Monate März, April und Mai über Sibirien scheinen nur in einem sehr losen Zusammenhange mit dem Regenfalle in Indien zu stehen. In zwölf Fällen, in welchen der Luftdruck des März in Sibirien um >2 *mm* vom Mittel abgewichen ist, hatte die Regenfallabweichung in acht Fällen das gleiche und in vier Fällen das entgegengesetzte Zeichen.

Walker geht nun über zur Betrachtung der Beziehungen zwischen den Luftdruckabweichungen der Monate März, April und Mai zu Cordoba und den Abweichungen (von 1063 *mm*) des Regenfalles über Indien von Juni bis September. Die in Betracht gezogene Periode umfaßt die 29 Jahre von 1876 bis 1904. Die Tabelle enthält die Luftdruckabweichungen separat für März, April und Mai zu Cordoba; dann dieselben „befreit von dem Einflusse des vorausgegangenen Monsuns"; wie das geschehen, wird hier nicht angegeben. Dann kommt eine Kolumne „effektiver berechneter Drucke" (d. h. Abweichung). Wie Prof. Hann sich überzeugt hat, stimmen diese Daten ziemlich mit dem rohen Mittel aus den drei ersten Kolumnen, nur im Jahre 1900 ist das rohe Mittel —0.018", während Walker +0.005" hat. Hanns nachfolgende statistische Berechnungen beruhen auf den Zahlen von Walker. Die zwei letzten Kolumnen der Tabelle enthalten „die berechnete Regenabweichung über Indien" nach der „effektiven" Druckabweichung zu Cordoba (März/Mai) und die tatsächlich eingetretene Abweichung. Beide Kolumnen stimmen dem Zeichen nach nur in acht Fällen von 29 nicht überein.

Prof. Hann hat nun folgende statistische Berechnung gemacht. In acht Fällen hatten Luftdruckabweichung und Niederschlagsabweichung das gleiche negative Vorzeichen, in 13 Fällen das gleiche,

positive Vorzeichen. Somit waren die Abweichungen des Luftdruckes zu Cordoba (März, April, Mai) und des Regenfalles (Juni/September) in Indien in 21 Fällen von 29 übereinstimmend. Man kann demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.72 aus der Luftdruckabweichung der vorausgegangenen Monate zu Corboda auf die im gleichen Sinne erfolgende Abweichung der Monsunregen (Juni/September) über Indien schließen.

Nur in acht Fällen (28%) hatten die Abweichungen das entgegengesetzte Zeichen. Die Mittel sind

Mauritius	Indien	Mauritius	Indien
(8) —0.69	—93 *mm*	(5) —0.51	+25 *mm*
(13) +0.53	+59 „	(3) +0.10	—78 „

Wir stehen demnach vor dem sehr merkwürdigen Ergebnisse, daß die Luftdruckabweichung zu Cordoba (im Herbste) dem Sinne nach mit der Abweichung des Sommerregenfalles über Indien übereinstimmt. Dem schlechtesten Regenjahre in Indien mit einem Entgange von 254 *mm* (—24%) ging eine Luftdruckabweichung von —1.4 *mm* des Herbstes zu Cordoba voraus, während dem besten Monsunregenjahre 1892 mit +124 *mm* eine Luftdruckabweichung von +1.8 *mm* vorausgegangen ist.

Einem spätern Memorandum G. T. Walkers (datiert 8. August 1906), betreffend die Prognosen für den Monsunregenfall im August und September 1906, entnimmt Prof. Hann noch folgende allgemeine Beziehungen zwischen dem Monsunregenfalle in Indien und den Luftdruckverhältnissen außerhalb Indiens:

Offenbar ist der einflußreichste Faktor bei dem Regenfalle in Indien während August und September der Luftdruck über dem südlichen Indischen Ozeane. Einen Nachweis dafür gibt eine Tabelle, welche für alle Jahre, in denen der Luftdruck auf Mauritius im Juli eine +- oder —-Abweichung von mehr als 0.61 *mm* zeigte, den Abweichungen des Regenfalles über Indien in den Monaten August und September sowohl im Gebiete des „Bombay“- als des „Baizweiges“ des Monsuns gegenübergestellt wird. Es gab 15 solcher Jahre zwischen 1876 und 1905. Prof. Hann hat nach dieser Tabelle folgende statistische Berechnungen gemacht.

Die Luftdruckabweichungen des Juli auf Mauritius haben in 73% der Fälle das entgegengesetzte Zeichen von der Abweichung des Regenfalles im Gebiete des Bombay-Monsunzweiges und in 83% der Fälle im Gebiete des Baizweiges. Größere Luftdruckabweichungen des Juli auf Mauritius scheinen demnach in enger Beziehung zu stehen zu den Abweichungen des Regenfalles im August und September über ganz Indien.

Die Mittelwerte sind:

Zahl	Luftdruckabweichung auf Mauritius im Juli mm	Regenfallabweichung über Bombaygebiet mm	Zahl	Luftdruckabweichung auf Mauritius im Juli mm	Regenfallabweichung über Baigebiet mm
(5)	+1.34	— 87	(4)	+1.50	—44
(6)	—1.30	+102	(9)	—1.19	+49
(4)	—0.94	— 41	(1)	+0.86	+11
			(1)	—0.71	—12

In den von der Regel abweichenden Fällen ist auch meist die Abweichung des Regenfalles gering, wie man sieht. Es wird ferner mitgeteilt, daß niedriger Luftdruck im Juni und Juli über Sibirien günstig ist für reichlichern Regenfall im Juni und September über Indien. Von 29 Jahren, von denen Daten vorliegen, hatte die Luftdruckabweichung über Sibirien im Juni in 21 Fällen (70%) das entgegengesetzte Zeichen der Regenfallabweichung des Juni über Indien.

Später ist ein neues Memorandum ausgegeben worden mit einer Prognose des Regenfalles in Nordindien und des Schneefalles in den benachbarten Gebirgen während der Kaltwetterzeit (datiert Simla, 5. Dezember 1906). Prof. Hann entnimmt demselben wieder nur in Kürze einige allgemeine Sätze und Ergebnisse.

Von den außerindischen Regionen, von welchen man annehmen kann, daß ihre meteorologischen Zustände oder Wetteranomalien auf die Niederschläge der Kaltwetterperiode Oberindiens Einfluß nehmen mögen, kommen hauptsächlich in Betracht der Indische Ozean und Sibirien. G. T. Walker gibt eine Tabelle, welche nach den einzelnen Jahren 1871—1906 gegenüberstellt: die Abweichungen vom Normale, Sonnenfleckenzahl, Novemberregen in Zanzibar (und Seychellen), mittlere vertikale Druckdifferenzen (über Indien), korrespondierende Temperatur, horizontale Druckdifferenzen, darauffolgender Niederschlag (und Schneefall) in der Kaltwetterzeit (alles Abweichungen vom Mittel).

Während 24 Jahren hatten in 15 Jahren die Abweichungen der Sonnenfleckenzahl und die Abweichungen des Novemberregenfalles auf Zanzibar die gleichen Zeichen, in neun Fällen die entgegengesetzten Zeichen.

Die Wahrscheinlichkeit, daß Sonnenflecken und Regenfall in gleichem Sinne abweichen, ist demnach fast 0.63, für die Abweichungen im entgegengesetzten Sinne ist die Wahrscheinlichkeit nur etwa 0.37.

Der Regenfall eines einzelnen Monates an einer einzelnen Lokalität braucht natürlich in keiner ausgesprochenen Beziehung zur Sonnenfleckenperiode zu stehen.

Welche Beziehungen bestehen zwischen den Regenfallanomalien des November zu Zanzibar und jenen der darauffolgenden Winterregen Nordindiens?

Wieder haben wir in 15 Fällen von 24 ein gleiches Zeichen der Abweichungen. Mit einer Wahrscheinlichkeit von fast 0.63 stimmen demnach die Abweichungen des Regenfalles des Novembers auf Zan-

zibar mit den Abweichungen der Winterniederschläge überein. Auch hier ist wieder zu bemerken, daß aus den Regenfallabweichungen eines einzelnen Monates an einer einzelnen Lokalität keine sichern Schlüsse gezogen werden können, namentlich wenn solche aus bloß 24 Fällen gezogen werden müssen, was auch Walker selbst betont.

Was endlich den Zusammenhang zwischen Abweichungen der Zahl der Sonnenflecken (des vorausgegangenen Jahres) vom Mittel und den Abweichungen der Winterregen in Nordindien vom Normale anbelangt, so liegen dafür Vergleichungen von 29 Jahren vor (1877 bis 1905.)

In 17 Fällen von 29 waren die Abweichungen übereinstimmend, und nur in 12 Fällen hatten sie das entgegengesetzte Zeichen. Man kann daher mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.58 auf Abweichungen in gleichem Sinne schließen. Die mittlere gleichsinnige Abweichung beträgt 21 *mm*, d. i. fast 57% des Mittels; die Abweichungen bei entgegengesetzten Zeichen sind kleiner, sie betragen bloß 46%, das erhöht das Gewicht des Resultates. Dasselbe scheint aber nicht in Übereinstimmung mit dem Ergebnisse einer ältern Untersuchung von S. A. Hill.

Was Sibirien (SW-Sibirien namentlich) anbelangt, so scheint es naheliegend, daß die Abweichungen der Witterung dort mit Anomalien der Winterniederschläge Oberindiens in Beziehung stehen könnten. Eine numerische Prüfung der Daten ergibt aber keine Beziehung zwischen den Niederschlägen von Dezember bis März in NW-Indien und jenen in Sibirien in dem gleichen Zeitintervall.

Prof. Hann schließt mit den Worten: Die skizzierten, höchst interessanten Ergebnisse, zu welchen Walker gelangt ist, enthalten jedenfalls eine dringende Aufforderung, den Gegenstand weiter zu verfolgen und z. B. die vorhandenen langjährigen Beobachtungsergebnisse auf Mauritius und zu Cordoba vollständig in gleicher Richtung aufzuarbeiten. Es liegen ja auch von Indien von mehrern Orten langjährige Regenmessungen vor, deren Ergebnisse immerhin als Repräsentanten des durchschnittlichen Regenfalles über Indien Verwendung finden können, so daß man sehr wohl über das Jahr 1876 mit den Untersuchungen wird zurückgehen können. Es ist das recht wünschenswert, um eine größere Sicherheit der Ergebnisse zu erlangen, namentlich in bezug auf die höchst merkwürdigen Beziehungen zwischen den Luftdruckabweichungen zu Cordoba und den darauffolgenden gleichsinnigen Abweichungen des Regenfalles über Indien.

Nach allem ist also zunächst in Indien eine einigermaßen zuverlässige Vorausverkündigung der Ergiebigkeit der nächsten Monsunregen doch noch nicht ausführbar. Wie vorsichtig man sein muß, aus der Gegenüberstellung meteorologischer Daten für längere Zeiträume Schlüsse auf innere Beziehungen zu machen, dafür bringt Prof. Hann ein drastisches Beispiel. Er hat die Abweichungen des Regenfalles zu Stykkisholm und Brüssel miteinander verglichen.

„Von 44 Jahrgängen zeigten die ersten 22 Jahre (1857—1878) fast stets das entgegengesetzte Zeichen der Abweichungen, in 90% der Fälle; die nächsten 22 Jahre zeigten diesen Gegensatz bloß in 45% der Fälle, somit war Wahrscheinlichkeit einer Übereinstimmung größer!"

Hätte man also auf die Ergebnisse der Untersuchung der Jahre 1857—1878 Prognosen bauen wollen, so wäre tatsächlich während der folgenden 22 Jahre das Gegenteil eingetreten.

Versuche über das Eindringen des Regenwassers in den Boden sind auf dem Versuchsfelde in Cawnpore (brit. Indien) angestellt worden.[1])

Von den 1100 *mm* Regen, die in der Monsunperiode 1904 gefallen sind, verdunsteten 125 *mm* in der trockenen Jahreszeit, ungefähr 225 *mm* verdunsteten während des Regenmonsuns, 100 *mm* flossen bei einem sehr heftigen Niederschlage im September ab, und die restierenden 650 *mm* sickerten ein.

Die Untersuchungen stellten auch die Tatsache fest, daß der Betrag des eingesickerten Wassers proportional der gefallenen Regenmenge wächst, und daß während der viermonatlichen Regenperiode mehr Wasser durch Verdunstung verloren geht als in der Trockenperiode.

Diese Resultate befinden sich in guter Übereinstimmung mit jenen, die auf dem Versuchsfelde von Rothamsted gefunden wurden, und lassen sich daher aller Wahrscheinlichkeit nach auf die ganze nordindische Ebene anwenden.

Luftelektrizität.

Die Gewitterbeobachtungen und die Gewitterhäufigkeit an einigen Beobachtungsstationen der Alpen, insbesondere an Gipfelstationen, hat A. v. Obermayer untersucht.[2])

Die Gewittertage der in Betracht gezogenen Stationen, nach Drittelmonaten geordnet, geben für Sonnblick, Bucheben, Schmittenhöhe, Schafberg, Kremsmünster, Obir, Hohenpeißenberg und München in dem Zeitabschnitte 1856 bis 1906 einen ganz ausgesprochenen Rückgang der Gewitterhäufigkeit im zweiten Drittel des Monates Juni. Der jährliche Gang der Gewitterhäufigkeit, welchen Prof. Karl Prohaska aus den Gewittermeldungen des Beobachtungsnetzes in Steiermark, Kärnten und Krain aus 15 in Betracht gezogenen Jahren ableitete, weist gleichfalls diesen Rückgang der Gewitterhäufigkeit aus. In Klagenfurt zeigt sich für den Zeitabschnitt 1875 bis 1905, ein solcher Rückgang im ersten Drittel des Juni. Die von

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 119.
[2]) Wiener Akad. Anz. 1907. p. 169.

1802 bis 1850 vorliegenden Beobachtungen vom Hohenpeißenberge geben denselben im dritten Drittel des Monates Juni. Die in Gewitterzahlen ausgedrückten Beobachtungen in Kremsmünster, nach Dekaden geordnet, geben jenen Rückgang für den Zeitabschnitt 1802 bis 1840 im ersten und für jenen 1840 bis 1887 im dritten Drittel des Monates Juni.

Soweit sich der tägliche Gang der Gewitterhäufigkeit feststellen ließ, verläuft derselbe ähnlich am Sonnblick und in Bucheben, am Schafberge und in Kremsmünster. Auf dem Obir und in Klagenfurt stimmt derselbe mit dem aus den früher erwähnten Gewittermeldungen von Prohaska abgeleiteten täglichen Gange überein.

Gewitterstudien an den oberbayerischen Seen hat Georg Breu angestellt.[1]) Schon v. Bezold bezeichnete die bayerische Moränenlandschaft als einen Gewitterherd, und wer die Karte über die Gewitterhäufigkeit nach den Beobachtungen aus den Jahren 1889 bis 1894 betrachtet, der ersieht, daß gerade auf das Gebiet zwischen Ammer- und Würmsee und auf den Bezirk um den Chiemsee die meisten Gewitter treffen, daß also hier die zwei größten Gewitterbezirke Südbayerns liegen, die sogenannten „Brutstätten der Gewitter.“

Ohne Zweifel, sagt Breu, tragen hieran nicht die Seen allein Schuld, sondern es sind verschiedene Faktoren daran beteiligt, wovon selbstverständlich wieder den Seen ein gut Teil zukommt.

Nach Erk spielen namentlich die Teilminima hier auch eine große Rolle mit. Diese kleinen sekundären Depressionen sind Störungen in der allgemeinen Luftdruckverteilung, und sie geben, wie die großen Depressionen, Veranlassung zu einem aufsteigenden Luftstrome. Bei ihrer Annäherung wird daher im allgemeinen das Barometer sinken, die Luftfeuchtigkeit nimmt zu, die Bewölkung wird stärker, und allmählich stellen sich Niederschläge ein, die meist noch anhalten, wenn das Zentrum der Teildepression bereits vorbeigezogen ist. Die Teildepressionen lösen zwischen Ammer- und Starnbergersee, ferner in der Gegend rings um den Chiemsee Verhältnisse in der Temperaturverteilung aus, welche für die Gewitterbildung besonders günstig sind.

Selbstverständlich ziehen zahlreiche Gewitter diesen Seen auch aus entferntern Erdstrichen zu, namentlich kommt eine stattliche Anzahl von Westen und Nordwesten her (vom Rheine, von der Nordsee usf.), dieselben sind aber meist leicht erkenntlich durch große Gewitterfront und durch gewaltige Fortpflanzungsgeschwindigkeit, welch letztere oft 50 *km* in der Stunde beträgt. So hatte das große Gewitter am 2. August 1890, das in der Gegend von Starnberg großen Schaden anrichtete, seinen Herd im Innern Frankreichs.

---

[1]) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1907. **30.** 1. Heft. p. 24.

Es betrat um 2 Uhr 30 Minuten nachmittags die Südwestgrenze der Rheinpfalz und die Rheinlinie bis zum südlichen Baden, durchzog dann in ostnordöstlicher Richtung ganz Süddeutschland und trat an der Nordostgrenze Bayerns um 10 Uhr nachmittags aus, im Osten etwas später. Dabei reichte seine Front fast stets von der Süd- bis zur Nordgrenze dieses Gebietes, ja teilweise noch über letztere hinaus. In der letzten Phase seines Verlaufes vereinigte es sich mit einem zweiten, in derselben Richtung, aber langsamer fortschreitenden Gewitterzuge, dessen Entstehungsherd um 3 Uhr 30 Minuten nachmittags zwischen Wertach und Lech, etwas nördlich von Buchloe, lag.

Die an den genannten Seen entstandenen Gewitter sind dagegen „Lokalgewitter", haben eine kleine Frontentwicklung und eine geringe Geschwindigkeit. Von ihrem Entstehungsherde ziehen sie teils auf nordöstlicher Bahn an München vorüber, teils wandern sie südostwärts gegen das Gebirge zu. Fast täglich entstehen im Sommer an den größern Seen Bayerns solche Lokalgewitter, und ihre Zahl dürfte sogar 70 bis 80 im Jahre betragen. Immerhin dürfte bei ihrer Entstehung auch der große Waldreichtum dieser Gegenden mit in Frage kommen, ferner die ausgedehnten Moore und Sümpfe dortselbst, da auch diese, wie S. Günther nachweist, von Einfluss auf die Gewitterbildung sind. Am meisten wirken allerdings die genannten Seen entschieden in dem Sinne, daß die Disposition für ein Gewitter sich leichter ausbildet, und zwar um so eher, da in diesem Falle jene Vorgebirgsgegend auch ungemein häufig von sekundären Seitenwirbeln größerer Depressionen heimgesucht wird.

Interessant sind diese Seegebiete auch bezüglich des Gewitterverlaufes. Gleich den Wäldern und Flüssen wirken sie auf manche Gewitter verzögernd; schwache Gewitter können durch einen See vorzeitig vernichtet werden, während stärkere sich erst durch längeres Verweilen an dem zuerst erreichten Ufer Kraft sammeln müssen, um die Wasserfläche zu überschreiten. Bei stark bewölktem Wetter oder bei Nacht versperren die Seen den lokalen Gewittern den Weg, seltener als bei Tage. Selbst an den kleinern bayerischen Seen kann man diesen hemmenden Einfluß der Seen beobachten. So sah Breu öfters von Tegernsee aus ein bei Abwinkel und Wiessee stehendes kleines Lokalgewitter, das nicht imstande war, den See zu überschreiten und meist genötigt wurde, den Weg gegen Süden anzutreten und seinen weitern Verlauf nach Osten zu nehmen. Am 22. Juli 1906 stand auch ein Lokalgewitter bei Tutzing und Feldafing (dem Wetterwinkel am Würmsee) und konnte den See absolut nicht überschreiten. Es nahm dann erst nach einer vollen Stunde seinen Weg gegen das Südende des Sees zu, um sich bald aufzulösen. Die meisten Gewitter von diesem „Gewitterwinkel" ziehen aber der Würm entlang gegen München zu. Eine noch stärkere Gewitterscheide bildet aber der Chiemsee, der ziemlich oft sogar kleinere Gewitter vernichtet.

Welches ist nun die Ursache dieser Erscheinung? Der Hauptsache nach, sagt Breu, ist hier an absteigende Luftströme zu denken, welche über dem Wasser immer zu finden sind und der dem Gewitter die Bahn brechenden Luftauflockerung entgegenarbeiten. Ähnliches wird von den Luftschiffern auch über den Flüssen beobachtet. Erk sah, daß sanft eingeschnittene Flußtäler mit allen Windungen sich auf der Wolkendecke abzeichneten. Damit ist der strenge Beweis dafür erbracht, daß wirklich ein direkter Kontakt zwischen Wolken und Gewässern stattfindet, der sich ohne Zweifel auch in der Gewitterbildung offenbart.

Hinsichtlich der Stärke der Gewitter an den bayerischen Seen erwähnt Breu, daß viele hiervon, auch die Lokalgewitter, ziemlich heftig sind und zu häufigen Entladungen führen. Der Blitz schlägt hier regelmäßig in den See, weshalb Meldungen über Blitzschläge in Häuser und Wälder seltener sind.

Eine Studie über Wirbelgewitter hat K. Langbeck ausgeführt, nach Beobachtungen an Gewitterzügen, welche am 20. Februar 1907 im preußischen Beobachtungsnetze angestellt worden sind.[1]) Vornehmlich waren es das Rheinland, Mitteldeutschland und das Küstengebiet der Nordsee, sowie der Ostsee bis zur Odermündung hin, die von diesen Gewittern betroffen wurden. Schon die äußern Begleiterscheinungen dieser elektrischen Entladungen in einer verhältnismäßig kalten Jahreszeit und im Gefolge einer tiefen Depression ließen die Vermutung aufkommen, daß man es bei diesen Gewittern mit typischen Beispielen der gemeinhin als Wirbelgewitter bezeichneten Kategorie zu tun habe. Diesen Namen hat Mohn speziell den an der norwegischen Küste häufig zur Entwicklung kommenden Gewittern beigelegt, in der Annahme, daß sie vornehmlich einer stark ausgeprägten Zirkulation um eine vertikale Achse ihre Entstehung verdanken.

Auf Grund von 350 Meldungen der Haupt- und Nebenstationen des preußischen Beobachtungsnetzes lassen sich zwei scharf ausgesprochene Gewitterzüge feststellen. Der erste beschränkt sich auf das weitere Küstengebiet; um $3^h 30^m$ vormittags kündet er sich in Helgoland an, erscheint um $3^h 45^m$ vormittags an der ostfriesischen Küste, um nun nach und nach auch längs der holländischen Grenze bis herab zur Vechte-Emsniederung um $4^h 45^m$ vormittags aufzutreten. Mit einer mittlern Geschwindigkeit von 82 *km* pro Stunde bewegt sich die gegen Südost gerichtete Gewitterfront gegen Ostsüdost bis Ost zu fort und geht um 5 und 6^h vormittags 300 *km* breit über die Gebiete von Oldenburg, Hannover, Holstein und Mecklenburg hinweg. Nachdem der südliche Teil des Gewitterzuges um $6^h 30^m$ vormittags am Wesergebirge und im Leine-Allergebiete, um $7^h 30^m$ vormittags an der westlichen Grenze der Altmark zum Stillstande gekommen ist, pflanzt sich der nördliche Teil bis um $7^h 45^m$ vormittags nach Mecklenburg-Strelitz und dem mittlern Vorpommern (Peene) fort, unter Beschränkung seiner Front auf 100 *km* Breite. Vereinzelte Meldungen um 6^h vormittags im westlichen Münsterlande, am Hellwege (Lippe-Ruhr), am

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 444.

mittlern Teutoburger Walde sind anscheinend ebenfalls diesem Zuge anzugliedern; in gleicher Weise scheint auf ihn eine Meldung um 9h 45m vormittags an der Saalemündung als letzte Äußerung der elektrischen Begleiterscheinung zurückzuführen zu sein.

Der spätere Gewitterzug hat eine mehr gegen Südsüdost gerichtete Front, dabei aber anscheinend eine nordwestliche Bewegungsrichtung. Um 7h 30m vormittags taucht er in der niederrheinischen Tiefebene auf und zieht, an die holländische und belgische Grenze sich anlehnend, über das Rheinland, Hessen und Nassau fort, indem er seine Front innerhalb des preußischen Beobachtungsgebietes auf 180 *km* um 9h vormittags, 270 *km* um 10h vormittags und 290 *km* um 11h vormittags ausdehnt. Er verschwindet um 11 bis 11h 15m vormittags an der südlichen Grenze des Rheinlandes und des hessischen Gebietes und tritt nochmals um 11h 45m vormittags auf der Höhe des Thüringer Waldes in Tätigkeit. Die Geschwindigkeit dieses Zuges ist wesentlich geringer als die des Küstengebietzuges und beträgt 67 *km* pro Stunde.

Doppelmeldungen gingen nur von sehr wenigen Stationen ein; die einzige, die für diese beiden besprochenen Züge in Betracht kommen kann, liegt aus Schermbeck im westlichen Münsterlande vor, wo um 6h und 7h 30m vormittags Gewitter beobachtet wurde.

Auf Grund weniger Meldungen läßt sich noch ein weiterer, schwach entwickelter Zug konstruieren, der in der zweiten bis dritten Morgenstunde im Münsterlande aufgetreten und eigentümlicherweise allein in dem Gebiete zur Geltung gekommen ist, das von den beiden nachfolgenden Hauptgewitterzügen freigelassen oder vielmehr von ihnen nur schwach betroffen wurde. Auch sonst ist es noch mehrfach zu elektrischen Entladungen gekommen, so um 4h 30m bis 5h 30m vormittags in dem mittlern Leine-Okergebiete, in der Altmark, Kreis Jerichow, Prignitz und in der mecklenburgischen Seenplatte. Auf eine schwach entwickelte Gewittertätigkeit in den ersten Stunden des Nachmittages weisen ferner einige Meldungen aus Mecklenburg und Vorpommern hin.

Der Niederschlag, der mit dem Auftreten dieser Züge einsetzte, fiel in der Regel erst als Regen und ging nach der erfolgenden starken Abkühlung in die Form von Schnee über. In den weitaus meisten Fällen sind auch Graupel und Hagel gemeldet worden; eine ausgesprochene Bevorzugung gewisser Gebiete geht indes aus diesen Meldungen nicht hervor.

Die Ergebnisse seiner speziellen Untersuchungen faßt Langbeck wie folgt zusammen:

Die Gewitter vom 20. Februar 1907 fanden bei einer stürmischen Wetterlage und bei abnorm hohen Temperaturen statt. Sie waren an Teildepressionen gebunden, deren Verlaufe sie ohne Zweifel folgten, und waren in ihrem Auftreten mit einer vielfach beobachteten, böenartigen Verstärkung des an sich schon heftigen Windes verknüpft. Der Küstengewitterzug besaß eine größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als der Binnenlandzug; die Verteilung des Hagelfalles war eine gleichmäßige und ließ keine besondere Bevorzugung gewisser Landstriche erkennen.

Die elektrischen Erscheinungen sind, wie Mohn und Hildebrandsson bereits bemerkten, nur sekundäre Begleiterscheinungen; sie hängen offenbar bei unruhiger Luft lediglich von der Heftigkeit der entstandenen Luftturbulation und der dadurch hervorgerufenen Kondensation ab.

Vor den Gewittern bestanden wohl abnorm hohe Temperaturen, jedoch erscheint die Annahme eines vorher herrschenden labilen Gleichgewichtes völlig unbegründet. Die Entstehung der Gewitter,

die auf das innigste mit Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes zusammenhängt, ist wesentlich rein dynamischen Ursprunges, wobei allerdings die starke vertikale Temperaturabnahme den Auftrieb und damit die Turbulation und ihre Fortpflanzung offenbar begünstigt, bzw. beeinflußt hat.

Eine starke Drehung des Windes durch einen größern Teil der Windrose während des Vorüberganges der Erscheinung hat sich nirgends feststellen lassen. Die Luftbewegung um eine horizontale Achse ist ohne Zweifel weit ausgeprägter gewesen als eine solche um eine vertikale Achse, wie sie bei den Wirbelgewittern im allgemeinen als vorherrschend angenommen wird. Alle Anzeichen weisen darauf hin, daß wir es in diesen Gewittern, mit Gewitterböen zu tun haben, wie sie im Sommer sehr häufig auftreten.

Die beiden Hauptgewitterzüge verdanken ihre Entstehung anscheinend einer einheitlichen Ursache, die, wie bemerkt, auf dynamischen Einflüssen höherer Luftschichten beruht. Die infolge der atmosphärischen Störung erzeugte Unregelmäßigkeit in der Luftdruckverteilung zeigt in der ersten Zeit ihres Bestehens nicht die von Durand-Gréville gefundene, sich weithin erstreckende glatte Ausbuchtung einer V-Depression, besteht vielmehr in der Ausbildung von Depressionskernen mit einem auffallend gleichgroßen Abstande voneinander, der wahrscheinlich auf Interferenzerscheinungen zurückzuführen ist.

Beobachtungen über Niederschlagselektrizität hat E. Weiß in Wien angestellt.[1]) Die Versuchsmethode unterschied sich ziemlich beträchtlich von der von Elster und Geitel und jener von Gerdien. Als Auffangfläche ward eine Bürste verwendet, deren Haare die auffallenden Tropfen aufspießen und so das Abspringen derselben verhindern sollen. Die Bürste ward an einem gut isolierenden Griffe im Regen eine bestimmte Zeit exponiert, dann ins Zimmer getragen und hier erst (gegen alle Influenzwirkungen geschützt) elektroskopisch auf ihre elektrische, vom Niederschlage herrührende Spannung untersucht.

Die Tropfengröße ward nach der Wiesnerschen Methode, mit Berücksichtigung der von Defant eingeführten Verbesserungen gemessen, auch die Menge des in der Expositionszeit auf die Bürste gefallenen Niederschlages wird mit Hilfe derselben Methoden bestimmt. Eine Mitteilung, ob vergleichende Versuche diese Methode der Niederschlagsmessung verifiziert haben, fehlt leider.

Die Größe, Ladung und Spannung der Tropfen variieren ungemein stark, am konstantesten zeigte sich bei Regenfällen die Ladung der Gewichtseinheit. Dieselbe beträgt pro Milligramm 10^{-3} elektrostatische Einheiten.

[1]) Wiener Ber. **115**, Abt. IIa 1299. — Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 431.

In Übereinstimmung mit Gerdien wurde gefunden, daß die elektrischen Mengen, welche von einem gleichförmigen Regen zur Erde transportiert werden, einer Stromstärke bis zu 10^{-14} Amp./qcm entsprechen. 10^{-13} Amp./qcm waren z. B. die größten Stromstärken, die gefunden wurden. Während bei Schneefällen Potentialgefälle und Niederschlagsladung gewöhnlich von gleichem Zeichen sind, tritt bei Regenfällen gewöhnlich das Umgekehrte ein.

Über den Cirrusschirm bei Gewittern hat Prof. Kaßner Untersuchungen angestellt.[1]) Dieselben führen ihn zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Sonnenringe vor und nach dem Gewitter lassen erkennen, daß der Cirrusschirm der Gewitter eine Eiswolke ist.

2. Es ist daher nicht richtig und nur irreführend, diese Cirren als „falsche" Cirren zu bezeichnen. Damit bestätigt sich die Meinung von Hann[2]): „Will man eine (streng genommen nicht gerechtfertigte) Unterscheidung machen, so nenne man sie Gewittercirren (wie auch Durand-Gréville vorschlägt)."

3. Der Cirrusschirm geht dem Gewitter durchschnittlich bis zu vier Stunden voran und folgt ihm etwa eine Stunde. Danach hat er eine mittlere Erstreckung von fünf Stunden oder, bei 40 *km* mittlerer stündlicher Geschwindigkeit, eine Erstreckung von 2000 *km* (gleich Berlin —Braunschweig oder Wien-Budapest).

4. Es ist wünschenswert, daß die Observatorien den Beobachtungen des Gewitterschirmes mehr Aufmerksamkeit schenken, und daß es in den Gewitterschilderungen wie auch in den Anleitungen zur Beobachtung der Gewitter dieses Schirmes und etwaiger Halos darin mehr gedacht wird.

Ein Kugelblitz wurde am 9. April 1907 in Birkenhead in England beobachtet. Ein Gewittersturm war im Anzuge und schien über die Stadt niedergehen zu wollen, als sich plötzlich eine der schweren Wolken spaltete. Ein großer Feuerball, aus dem Funken nach allen Richtungen sprühten, brach aus derselben hervor und flog mit blitzartiger Geschwindigkeit über das Bidstonobservatorium und schlug in dem an dasselbe angrenzenden großen Parke in einen Erdhaufen ein, von wo der Feuerball auf ein nahegelegenes Grundstück übersprang, wo er das dort wachsende Heidekraut und Buschwerk in Brand steckte. Ein zwei Fuß tiefes und drei Fuß im Durchmesser großes rundes Loch bezeichnete die Stelle, wo der Feuerball niedergegangen war. Eine in der Nähe befindliche Frau wurde zu Boden geworfen, und ein Gärtner befand sich plötzlich von einem Flammenringe umgeben und wurde einige Schritte weit fortgeschleu-

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. Heft 1.

[2]) Lehrbuch der Meteorologie, 1. Aufl. p. 269 u. 642.

dert, während der Spaten, den er in seiner Hand hielt, mit einem Rucke aus der Hand gerissen und etwa 20 Schritte weit über eine Hecke geschleudert wurde. Eine auf dem Heidelande grasende Kuh und mehrere Arbeiter wurden zu Boden geschleudert, und bei einem in der Nähe befindlichen Neubaue wurden die Maurer, die Kellen in der Hand hatten, von den Leitern herabgerissen. Einige Spaziergänger, die sich ein paar hundert Schritte entfernt fanden, wo der Feuerball niederging, empfanden einen starken elektrischen Schlag, unter dessen Nachwirkungen sie mehrere Tage zu leiden hatten.

St. Elmsfeuer auf der Baie des Chaleurs. Letztere ist eine Meeresbucht, die in die Halbinsel von Neu-Braunschweig von Osten her tief einschneidet. Sie mündet in den großen Golf von St. Lorenz, der gegen den Atlantischen Ozean hin durch die große Insel Neufundland bis auf zwei ziemlich enge Meeresstraßen geschlossen ist. In diesem Meeresteile ist nun nicht selten eine höchst merkwürdige Lichterscheinung wahrgenommen worden, die für die Schiffer insofern gefährlich werden kann, als sie von ihnen für ein Feuerschiff oder ein anderes Schiffahrtszeichen gehalten werden kann. Da solche Feuer für die Schiffahrt in jener Gegend überhaupt nicht angebracht sind, so kann es sich nur um einen natürlichen Vorgang handeln. Prof. Ganon hat viel Material zusammengesucht und geprüft, das zu einer Aufklärung dieses gespenstischen Lichtes dienen könnte. Er faßt seine Schlüsse dahin zusammen, daß das Licht über den Wassern von Baie Chaleur natürlicher Entstehung sein müsse, daß es zu allen Jahreszeiten auftrete, daß seine Erscheinung gewöhnlich einem Sturme vorausgehe, und daß seine häufigste Form ungefähr die einer Halbkugel sei, die mit der ebenen Fläche nach dem Wasser zu gerichtet sei. Zuweilen glühe das Licht einfach ohne viele Veränderungen der Form, während es zu anderer Zeit sich zu schlanken, fortwandernden Säulen erhebt, deren zitternde und tanzende Bewegungen die Erscheinung noch wunderbarer und gespenstischer machen und gelegentlich den entfernten Anblick eines brennenden Schiffes vortäuschen, an dessen Tauen und Masten die Flammen in die Höhe laufen. Prof. Ganon hält das Naturschauspiel für ein St. Elmsfeuer, fügt aber hinzu, daß ähnliches mit solcher Häufigkeit und Stärke von keiner andern Gegend der Erde bekannt geworden sei.[1])

Klimatologie und Wetterprognosen.

Ein klimatologischer Atlas von Indien. Auf Veranlassung der Regierung ist das große Werk eines klimatologischen Atlas des britischen Reiches in Indien von Sir John Eliot durchgeführt wor-

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau 1907. p. 190.

den.[1]) Der Atlas stützt sich auf die Beobachtungen in den 25 Jahren von 1876 bis 1900, die sämtlich nach einheitlichem Systeme an 173 Stationen 1. und 2. Ordnung und an mehr als 2000 Regenstationen angestellt worden sind. Bergholz gibt eine vortreffliche Analyse des allgemeinen Inhaltes dieser Karten nach den einzelnen meteorologischen Elementen, den folgendes entnommen ist.

In den Kaltwettermonaten Januar und Februar ist der Luftdruck über dem Norden und Nordwesten Indiens am höchsten. Die Isobaren laufen den Breitengraden nahezu parallel, und der Luftdruck nimmt nach Süden bis zu der im Süden des Äquators gelegenen Zunge niedrigsten Druckes, die eine Kalmenzone oder eine Zone von in ihrer Richtung veränderlichen Winden darstellt, ab. Die Luftbewegung ist daher von Norden nach Süden gerichtet, sie wird durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt, so daß sie in den indischen Meeren eine nordöstliche ist. Im nördlichen Indien schafft sich der Einfluß der Flußtäler auf die Windrichtung derart Geltung, daß der Wind in Burma eine nördliche, im Tale des Brahmaputra eine östliche, im Gangestale und auf dem zentralindischen Plateau aber eine westliche Richtung einschlägt. Der Westwind biegt in Bengalen und im Norden der Bai von Bengalen durch Nordwest und Nord nach Nordost herum, der Wind weht daher im Zentrum und im Süden der Bai und auch auf der Halbinsel aus Nordost bis Ostnordost. Von der Halbinsel aus überschreitet er in mäßiger Höhe die Ghats und nimmt im Arabischen Meere an der allgemeinen Luftbewegung aus Nordost teil. Lokale Land- und Seewinde herrschen in dieser Zeit an der Westküste und den ihnen zunächst gelegenen Meeresteilen.

Die Bewegung der Luft ist in Nordwest- und Zentralindien eine überaus schwache, 1 bis 2 Meilen pro Stunde = 0.4 bis 0.8 mps., nach Süden wächst die Stärke allmählich an, im Süden der indischen Meere beträgt sie etwa 3 oder 4 der Beaufortskala. Nur in dieser Jahreszeit steht Indien unter dem Einflusse des als Nordostmonsun bekannten Windes, des Nordostpassates der indischen Monsunregion.

Die Heißwetterperiode vom März bis zum Mai ist durch einen schnellen Anstieg der Temperatur mit dadurch verursachten gleichzeitigen Änderungen in der Verteilung des Luftdruckes charakterisiert. Indien wird zu einem Gebiete, das wärmer als die benachbarten Meere ist. In der ersten Hälfte dieser Jahreszeit ist es am Tage heißer, in der Nacht um ein Geringes kühler als auf dem Meere, im Mai aber ist das Innere des Landes in der 24 stündigen Tagesperiode durchweg heißer als die umliegenden Meere. Mit dem ungleichen Anstiege der Temperatur über Land und See nimmt auch der Luftdruck über dem Innern des Landes schneller als über dem Meere ab, die Druckverteilung ist daher unausgesetzten beträchtlichen Änderungen unterworfen. Das Innere bildet sich im Gegensatze zum Meere zu einem Niederdruckgebiete aus, indem die Bedingungen für das Hochdruckgebiet, die anfangs März noch vorhanden waren, schnell verschwinden. Schon im April, ausgeprägt aber im Mai, schmiegen sich die Isobaren dem Verlaufe der Küste an und umschließen in ihrem Innern ein Gebiet niedern Druckes, das von Tag zu Tag Änderungen erleidet und das begleitende Wetter bestimmt, um von ihm wieder einerseits bestimmt zu werden. Im Mai stellt das Niederdruckgebiet einen mächtigen Trog dar, der sich von Ober-Sind und Süd-Punjab bis nach Süd-Behar und Chota-Nagpur erstreckt. An seinen Enden entwickeln sich häufig kleine lokale Depressionen.

Die durch die Temperatur- und Druckverhältnisse herbeigeführte Luftbewegung ist an den Küsten eine Art Einströmung, die an Stärke in dem Maße

[1]) Climatological Atlas of India, published by the Authority of the Government of India under the Direction of Sir John Eliot. Edinburgh 1906. 120. Tafel. Ausführliches Referat darüber von Bergholz in Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 88, woraus oben der Text.

zunimmt, als mit der Jahreszeit das Niederdruckgebiet zur Ausbildung gelangt. Am stärksten ist das Einströmen der Luft an der Küste von Bengalen, so daß im Mai in Nordostindien die Winde am kräftigsten sind. Im Innern des nördlichen Teiles des Landes gleichen die Windrichtungen denen der Kaltwettermonate. Nordwest- und Westwinde herrschen im nordwestlichen und zentralen Indien und in der Gangesebene, mit Ausschluß natürlich des Deltas. Im Tale von Assam weht der Wind aus östlicher Richtung. Drei Windsysteme sind daher in dieser Jahreszeit vorhanden, die sich dem zentralen Indien und Westbengalen zuwenden, sie veranlassen im östlichen Teile des Troges niedern Druckes in Nordindien kleine Depressionen. Die Einströmung der Luft von der See nach dem heißen Innern Indiens beeinflußt nicht nur Indien selbst, sondern auch die umgebenden Meere. Bei ihrer Zunahme an Ausdehnung und Intensität macht sie ihren Einfluß immer weiter land- und seewärts geltend, so daß sie Ende Mai nahezu die ganze Bai von Begalen und einen Teil des Arabischen Meeres, etwa 300 Meilen von Bombay in das Meer hinein, in sich einschließt. Die Luftbewegung im indischen Festlande ist lokalen Ursprunges, sie bildet den Übergangstypus zwischen der allgemeinen Zirkulation des Nordost- und Südwestmonsuns. In Bengalen, Assam, Tenasserim und Malabar sind die Seewinde die Ursache für häufige lokale Gewitter.

Die Heißwetterbedingungen finden im Juni durch das Vorrücken eines starken und steten Luftstromes vom Äquator her, der eine Fortsetzung des Südostpassates ist, einen plötzlichen Abschluß. Schon während der letzten beiden Monate nahm der Südostpassat an Stärke zu und rückte nach Norden gegen den Äquator vor. In der letzten Woche des Mai oder in der ersten Woche des Juni überschreitet gewöhnlich der Südostpassat, weil der Widerstand in der Front allmählich gebrochen ist, den Äquator und rückt nun schnell als mächtiger südwestlicher Luftstrom in den indischen Meeren gegen die Küste bis ins Innere des Landes vor. Der eine Ast, der Luftstrom in der Bai von Bengalen, geht teils nach Burma hinein, teils geht er im Norden der Bai ins Land. Vom Himalaja wird er aus seiner Richtung abgelenkt und gelangt durch das Gangestal aufwärts bis in das östliche Punjab. Für Bengalen resultieren hieraus südliche, für die Gangesebene aber östliche Winde. Der andere Ast, der Luftstrom im Arabischen Meere, läuft direkt auf die Westküste zu und verursacht auf der Halbinsel westliche, in Zentralindien und Rajputana westsüdwestliche Winde.

Die Karten des Juni bis September zeigen deutlich die Ausdehnung dieser beiden Äste der großen Luftbewegung vom Ozeane nach dem Süden von Indien. Zwischen ihnen liegt eine sich von Ober-Sind bis nach Orissa erstreckende zungenförmige Mulde, die fast dasselbe Gebiet wie der für die heiße Jahreszeit charakteristische Trog niedern Luftdruckes einnimmt. In ihr sind die Luftbewegungen sehr unregelmäßiger Art, so daß der Wind häufig zwischen Ost und West umläuft. Der Luftdruck ist in dieser Mulde niedriger als im Norden und Süden, sie stellt das Niederdruckgebiet des Südwestmonsuns dar, in dem die Zyklonen von der Küste in das Innere hinein verlaufen. Es verändert während der Jahreszeit seine Lage, je nachdem sich die Äste des Monsuns mehr oder weniger Geltung verschaffen.

Die Ausbildung der Luftbewegung zieht beträchtliche Änderungen in der Druckverteilung besonders in den Gegenden der Küste und auf der Halbinsel nach sich. Die Isobaren verlaufen mehr oder weniger durch die Halbinsel, Zentralindien und in der Bai von West nach Ost. Der Luftdruck ist im äußersten Westen der Mulde niedern Druckes in Ober-Sind am niedrigsten, er nimmt nach Süden in starkem Wechsel zu, der zu der allgemeinen Stärke des Monsuns in Beziehung steht und von ihr abhängig ist. Diese Lage erhält sich mit geringen Änderungen vom Juni bis zum August. Im September zeigt die mächtige Luftströmung ein Nachlassen der Aktivität und Stärke. Gegen Ende des Monates beginnt der Druck im obern Indien beträchtlich höher zu werden, und leichte, trockene Westwinde machen sich an den äußersten Grenzen, die die feuchte Strömung des Südwestmonsuns erreichte, bemerkbar. Ein allgemeines An-

wachsen des Druckes begleitet die Temperaturabnahme im Oktober mit dem Ergebnisse, daß beide, Temperatur und Luftdruck, über dem Gebiete äußerst gleichförmig werden. Westliche Winde wehen gewöhnlich im ganzen Norden und in Zentralindien. In der ersten Hälfte des Monates verläuft die Luftbewegung in der Bai auf Bengalen und Burma zu, sie kursiert um ein nur wenig ausgebildetes Tief in der Mitte der Bai, das der Rest der Zunge niedern Druckes der Monsunzeit ist und hierher durch den zunehmenden Luftdruck gedrängt wurde. Im November wandert dieses Tief weiter nach Süden, um Ende Dezember die Grenzen der Bai zu überschreiten. Bald nachher erreicht es die Niederdruckzone des Nordostpassates oder verwandelt sich in diese Zone. Unterdessen steigt im nördlichen Indien im Vergleiche zu Südindien der Tuftdruck unausgesetzt an, so daß schon, bevor noch das Minimum am Ziele angekommen ist, die kalte Jahreszeit und die für sie charakteristischen Luftdruckverhältnisse zur Ausbildung gelangt sind.

Temperatur. In der kalten Jahreszeit, vom November bis zum Februar, nimmt die Temperatur mit zunehmender Breite von Süden nach Norden ab, die Isothermen verlaufen daher nahezu parallel den Breitengraden. In der heißen Jahreszeit, die die nächsten drei Monate für sich in Anspruch nimmt, wird das Innere des Landes stärker als die Küstenstriche erwärmt. Das heißeste Gebiet, der thermale Herd nach Blanford, rückt langsam vom südlichen und zentralen Deccan nach Nordwestindien. Die Isothermen bilden nun geschlossene Kurven um ein zentrales Gebiet mit den höchsten Mitteltemperaturen des betreffenden Monates.

Vom Juni bis zum September, in der Jahreszeit des Südwestmonsuns oder der Regenzeit, ist die Temperatur in Ober-Sind, Südwest-Punjab und Nordwest-Rajputana ständig am höchsten. Nach Osten und Süden fällt sie schnell ab, bleibt aber in dem Gebiete der häufigen Regenfälle, das sich über zwei Drittel von Indien erstreckt, sehr gleichmäßig, dort ist daher in dieser Jahreszeit nur ein geringer Wechsel in der Temperatur zu verzeichnen. In der Regenzeit steigt im allgemeinen die Temperatur mit der zunehmenden Breite, eine Tatsache, die besonders beachtet zu werden verdient.

Blanford fand, daß in Indien die Temperatur im Mittel für je 450 Fuß (140 *m*) Erhebung über dem Erdboden um 1° F. abnimmt. Dieses Resultat hat aber nur für Mitteltemperaturen Gültigkeit. In der trockenen, heißen Jahreszeit nimmt die Temperatur in den heißen Ebenen Nordindiens in der heißesten Tageszeit schon für je 190 bis 200 Fuß (60 *m*) um 1° F. ab. Die Abnahme mit der Höhe in der heißesten Tageszeit wechselt mit den Jahreszeiten beträchtlich, sie ist am größten in der heißen Zeit und am kleinsten in der Zeit der heftigen Regen, in der der Gradient bis auf 1° F. für je 600 Fuß (180 *m*) herabsinken kann. Der vertikale Gradient ist in den Nachtstunden viel veränderlicher und unregelmäßiger als am Tage. In der trockenen Jahreszeit steigt gelegentlich in dem kältesten Teile der Nacht auf beträchtliche Entfernung hin die Temperatur mit der Höhe. Unter besonders günstigen Bedingungen kann dann die niedrigste Temperatur in den Bergstationen, wie z. B. Murree und Simla in Höhen von etwa 7000 Fuß (2000 *m*), um 10° F. höher sein als in den Stationen der Ebene, wie in Rawulpindi Lahore, Ludhiana, Roorkee usw. Es ist daher nicht möglich, für die Maxima und Minima der Temperatur feste Werte für die Änderung der Temperatur mit der Höhe anzugeben. —

Die Entfernung vom Meere und die Richtung der herrschenden Winde spielen für Indien eine große Rolle. In der trockenen Jahreszeit oder in der Zeit des Nordostmonsuns, vom November bis zum Februar, wiegen im ganzen Gebiete kontinentale oder Landwinde vor, sie veranlassen die für diese Zeit gewöhnliche Abnahme der Temperatur mit der Breite. In der heißen Zeit machen sich an der Küste Seewinde, im Innern aber trockene Landwinde geltend, sie schaffen den Gegensatz zwischen dem heißen Innern und den kühlern Küstengegenden. In der Zeit des Südwestmonsuns erstreckt sich der Einfluß der feuchten Winde ozeanischen Ursprunges, mit alleiniger Ausnahme

der Trockenregion Oberindiens.— Ober-Sind, Südwest-Punjab und Nordwest-Rajputana — über das ganze Gebiet. Ausgiebiger Regen und gleichförmige Temperaturverhältnisse sind die Folge.

Atmosphärische Feuchtigkeit. Da die Luft an der Küste reicher an Wasserdampf ist wie im Innern, und auch die Temperatur in den Küstenstrichen fast das ganze Jahr hindurch niedriger als im Innern ist, so nimmt die relative Feuchtigkeit in allen Monaten mit Ausnahme von November bis Januar nach dem Innern zu ab. Außerordentlich rasch ist die Abnahme in den Heißwettermonaten. In dieser Zeit ist die Luft über dem ganzen Innern und besonders über dem nordwestlichen Teile des Landes, in dem der Einfluß der lokalen Seewinde äußerst gering ist, sehr trocken. Gelegentlich geht dann wohl die Feuchtigkeit an Stationen wie Jacobabad, Deesa, Jaypur, Agra, Lahore, Sirsa, Montgomery und Akola auf 5% herunter.

In der kalten Jahreszeit nehmen die Temperaturen und die Feuchtigkeit von den Küsten nach dem Innern ab, es ist daher die Änderung der Feuchtigkeit weit geringer als in der heißen Zeit. Am trockensten ist in dieser Jahreszeit die Luft im Deccan und in Nordbombay.

Sehr reich ist in der Zeit des Südwestmonsuns oder der Regenzeit im größten Teile von Indien die Luft an Wasserdampf, so daß sich dann nur geringe Unterschiede in der relativen Feuchtigkeit zeigen können, sie schwankt nur zwischen 80 und 90%.

Die wichtigsten Umstände, die den Gehalt der Luft an Wasserdampf bestimmen, sind die Entfernung vom Meere und der Charakter der Winde. Am kleinsten ist er in ganz Indien im Dezember und Januar, weil dann Landwinde vorherrschen. Durchweg am niedrigsten ist der Wasserdampfgehalt der Luft in Oberindien, vom Innern nach dem Meere zu wächst er an. Eine Zunahme an Wasserdampf beginnt mit dem Einsetzen der Seewinde an den Küsten. Diese Winde nehmen an Intensität und Ausdehnung in das Innere hinein von März bis Mai zu, daher steigt auch der Wasserdampf in den Küstenstrichen stetig und schnell an, im Innern langsamer und später, so daß erst im Mai eine Zunahme im Punjab bemerkbar wird. Die Umwandlung dieser lokalen Seewinde in die feuchten ozeanischen Luftströmungen des Südwestmonsuns hat ein großes und schnelles Anwachsen der absoluten Feuchtigkeit im ganzen Innern des Landes zur Folge mit dem Ergebnisse, daß die absolute Feuchtigkeit oder der Dampfdruck in den Monaten Juli und August weniger als in jedem andern Monate sich verändert, und daß die Änderung hauptsächlich auf die Unterschiede in der Höhe zurückzuführen ist.

Bewölkung. In der Kaltwetterperiode (November oder Dezember bis Februar) sind zwei Gebiete mit mäßig starker Bewölkung vorhanden. Das eine dieser Gebiete wird durch das Vorübergehen der Kaltwetterstürme im Norden Indiens bedingt, es ist am meisten ausgeprägt in der Himalajaregion (Bewölkung im Januar 4 bis 6), fällt aber im Süden der submontanen Region (Bewölkung im Januar 2 bis 4) schnell ab; das andere, in Südmadras und der Koromandelküste (Bewölkung im Januar über 3) erhält ihre stärkere Bewölkung von den über die Bai von Bengalen wehenden Winden. Zwischen diesen beiden Gegenden liegt ein Gebiet: der Konkan, der Deccan und das untere Burma, das fast ganz frei von Wolken ist.

Zur Zeit des heißen Wetters ist die Bewölkung am meisten an die lokalen Seewinde gebunden. Der Betrag ist daher dort am größten, wo die Winde am kräftigsten sind, und wo sie nach ihrem Landen auf Höhenzüge treffen. Gegenden wie Travancore, Malabar, Südmadras, Tenasserim, Bengalen und Assam weisen aus diesem Grunde eine größere Wolkenmenge auf. Eine stärkere Bewölkung haben auch die Himalajagegenden, doch tritt in ihnen schon im März und April ein Rückgang ein. Die am wenigsten bewölkten Gebiete müssen in dieser Zeit des Charakters der Winde wegen in Nordwest- und Zentralindien zu finden sein.

Während der Periode des Südwestmonsuns spielt für die Bewölkung das Ausdehnen der wasserdampfhaltigen Strömungen in das Land hinein die erste Rolle. Hierzu treten noch alle Umstände, die eine aufsteigende Bewegung in einem feuchten Luftstrome hervorrufen können, besonders aber der durch eine vorliegende Bergkette erzwungene Aufstieg der an Wasserdampf reichen Luftmassen. Auch die Zyklonen, die durch zur Ausbildung gelangte oder gelangende Gebiete niedern Druckes hindurchziehen, nehmen an der Vermehrung der Wolkenmasse teil. Am stärksten bewölkt sind daher die Küstenstriche, die verschiedenen Bergketten und die ihnen zunächst liegenden Gebiete, sowie die Gegenden nahe der Mulde niedern Luftdruckes in der Gangesebene und ihre Nachbargebiete, am wenigsten bewölkt hingegen ist das trockene und verhältnismäßig heiße Gebiet Oberindiens. Fast frei von Wolken bleiben die nicht von dem Südwestmonsun berührten Gegenden Baluchistans, Persiens und des Persischen Meerbusens.

N i e d e r s c h l a g. Die Einteilung des Jahres in Jahreszeiten gründet sich in Indien auf die charakteristischen Erscheinungen in der Luftbewegung und den sie begleitenden Niederschlag, es zerfällt in die trockene Zeit oder die Zeit des Nordostmonsuns und die nasse Zeit (Regenzeit) oder die Zeit des Südwestmonsuns. Erstere erstreckt sich vom Dezember bis zum April oder Mai, letztere nimmt den Rest des Jahres für sich in Anspruch. Die lokale Verteilung des Regenfalles fordert eine Gliederung jeder dieser Hauptperioden in je zwei Jahreszeiten. In der ersten Hälfte der trockenen Zeit vom Dezember bis zum Februar ist der Niederschlag vorzugsweise an flache Depressionen im nördlichen Indien in der Bergregion, der gebirgigen nördlichen und nordwestlichen Grenzgegend des Reiches, und in der Gangesebene gebunden. Der Schneefall ist in dieser Jahreszeit im Westhimalaja sehr beträchtlich, es fällt die Hauptmenge, die eine dauernde Erhaltung von Schnee- und Eismassen in dieser Region gewährleistet. Südwärts vom Himalaja nimmt der Niederschlag an Menge bald ab trotz seiner geringen und unsichern Menge ist er für den Anbau von Weizen und andern Getreidearten in Nord- und Zentralindien von hohem Werte. Dem Charakter der Temperaturverhältnisse Nordindiens entsprechend, bezeichnet man diese Zeit als kalte Jahreszeit. Die zweite Hälfte der trockenen Zeit ist die heiße Jahreszeit. Der Regen fällt hauptsächlich bei lokalen Gewittern und in solchen Küstengegenden, an denen Konvektionsströmungen vorhanden sind, oder die Luft zum Aufstiege, wie etwa durch dieVersperrung des Weges durch Bergketten, veranlaßt wird. Die Regenmenge ist sehr unregelmäßig verteilt und ist mäßig bis groß in Malabar, Tenasserim, Bengalen und Assam. Der Frühlingsregenfall in Assam ist für eine frühzeitige Teeernte von großer Wichtigkeit.

Die Niederschlagsmenge vom Mai bis zum November wird durch die Einströmung des großen ozeanischen Luftstromes, des Südwestmonsuns, herbeigeführt. Dieser Strom rückt gewöhnlich in den indischen Meeren in der letzten Woche des Mai oder in den ersten 14 Tagen des Juni vor, es tritt dann heftiger Regen an den Küstenstrichen der Präsidentschaft Bombay nach langer Trockenheit, die vom November bis gegen Ende des Mai gedauert hatte, ein. Er pflanzt sich schnell von der Küste von Bengalen und Bombay aus in das Innere des Reiches fort, und nun fällt in den nächsten drei Monaten der Regen in mehr oder weniger häufigen Schauern an der Westküste, im Deccan und in Nord- und Zentralindien. Gelegentliche Schauer treten, oft in Begleitung von Gewittern, in Süd- und Ostmadras auf, doch bleibt hier die Regenmenge der des nördlichen Indiens gegenüber immer nur gering. Diese Zeit allgemeinen Regenfalles im ganzen Gebiete, mit alleiniger Ausnahme eines Teiles von Madras und des Trockengebietes von Oberindien, dauert vom Mai oder Juni bis zum September, es ist die eigentliche Südwestmonsunzeit.

Während der übrigen drei Monate wird der Niederschlag hauptsächlich durch den Südwestmonsunstrom, der sich aus Nordindien zurückzieht, zu einem flachen Tief zusammenzieht und den Rückzug in der Bai von Bengalen

abwärts antritt, hervorgerufen. Bengalen und Burma erhalten in der ersten Zeit dieser Periode leichte bis mäßige Regen. Der Strom biegt gewöhnlich im nordöstlichen Teile der Bai um und setzt seinen Weg nahe der Westküste der Bai nach Süden fort. Die bedeutendste Menge Regen erhält daher nun die Präsidentschaft Madras, der zentrale und der südliche Deccan und Mysore. Die Menge des Niederschlages nimmt nach Süden hin zu, so daß die größten Mengen in Südkoromandel fallen. Der Regen ist also in den Teilen der Halbinsel am ausgiebigsten, in denen er in der vorhergehenden Regenzeit am dürftigsten und unregelmäßigsten war. Diese Periode häufigen Regenfalles im Süden und Osten der Halbinsel wird als die des abziehenden Monsuns bezeichnet.

In Beziehung auf den Regenfall ergibt sich daher die Einteilung des Jahres in:

Die trockene Jahreszeit	Die kalte Jahreszeit. Die heiße Jahreszeit.
Die nasse Jahreszeit oder Regenzeit	Die Jahreszeit des eigentlichen Südwestmonsuns. Die Jahreszeit des abziehenden Südwestmonsuns.

Als Regentag wird ein Tag mit mindestens 0.1 Zoll Regenhöhe = 2.5 *mm* gerechnet.

Die Erfahrung lehrte, daß die Beobachtungen von 250 meteorologischen Stationen nicht genügen konnten, um ein klares Bild der Verteilung der Regenmenge zu geben, es wurde daher das Netz der Regenstationen derart erweitert, daß die Resultate von mehr als 2000 Stationen zur Benutzung vorlagen. Die Zahl der Tage mit Regen und die Regenmengen sind von dieser großen Anzahl von Stationen, die über 25 Jahre in Tätigkeit waren, abgeleitet. Die Karten geben den Niederschlag für alle Teile Indiens unter 3000 Fuß Meereshöhe an. Unmöglich war es natürlich, auf Karten, wie die vorliegenden, die sehr große Abweichung des Regenfalles mit der Höhe an Bergrücken, wie die Assam Hills, die Westghats und der Himalaja, zum Ausdruck zu bringen.

Stürme. Die Stürme, deren Zugrichtung in den Nebenkarten gezeichnet ist, gehören zwei verschiedenen Arten an. Die erste ist die der zyklonischen Stürme, der Kaltwetterzeit der trockenen Periode des Jahres. Sie sind flache, aber umfangreiche Depressionen, von denen sich die meisten in Persien, dem Persischen Golfe oder Baluchistan und der Rest in Sind oder Rajputana bilden. Ihre Zugrichtung schwankt zwischen Ost und Ostsüdost, viele von ihnen durchziehen Indien auf dem Wege durch die Gangesebene auf Bengalen und Burma zu. Dichte Bewölkung, leichter bis mäßiger Regen und große Temperaturschwankungen sind die Begleiterscheinungen. Öfters sind bei ihnen Temperaturunterschiede zwischen der Front- und Rückseite von 20 bis 30° F. zu verzeichnen gewesen. Die Winde haben zyklonische Richtung, sind in den Ebenen Indiens verhältnismäßig schwach und erreichen selten — nur das Punjab macht eine Ausnahme — Sturmesstärke.

Die Kaltwetterstürme treten in den Monaten Dezember bis März auf und haben drei wohl ausgebildete Zugstraßen. Eine der Straßen geht von Ober-Sind an den Fuß der Vorberge nach Ludhiana und Roorkee; die zweite, am meisten eingeschlagene, führt von Sind durch Rajputana, Behar und Bengalen nach Burma, sie kann als die zentrale Zugstraße der Kaltwetterstürme bezeichnet werden, und die dritte, nur wenig betretene Straße führt weiter südlich im Norden der Halbinsel entlang. Alle Stürme vom Januar bis zum März sind dieser Art, kein Sturm wurde in dieser Periode aus dem Arabischen Meere und nur einer — zweifelhaften Charakters — aus der Bai von Bengalen bekannt.

Die zweite Art kommt nur in der nassen Jahreszeit oder in der Zeit des Südwestmonsuns vor. Diese Zyklonen sind räumlich von viel geringerer Ausdehnung als die Kaltwetterstürme, die barometrische Depression ist aber gewöhnlich viel beträchtlicher, so daß die Windstärke eine weit größere ist, und

sie sich häufig in der Nähe des Zentrums bis zur Orkanstärke steigert. Die in ihnen fallende Regenmenge ist gewaltig. Sie schlagen gewöhnlich eine westliche und daher eine den Kaltwetterstürmen entgegengesetzte Richtung ein und haben zuweilen in ihrem Kerne eine Stillenzone. Oft sind sie von Sturmwellen begleitet, die an der Küste viel Unheil anrichten können. Die größere Menge bildet sich auf dem Meere, nimmt mit der Annäherung an die Küste an Heftigkeit zu und verliert bei dem weitern Zuge über das Land hin an Intensität.

Stürme dieser Art kommen hauptsächlich in den Monaten Mai bis Dezember vor. Eine ausgebildete Zugstraße haben sie in der Zeit vom Juni bis zum September, wenn der Südwestmonsun in höchster Ausbildung ist. In dieser Zeit bilden sie sich mit wenigen Ausnahmen im Nordwesten der Bai von Bengalen und ziehen dann in dem Troge niedern Druckes entlang, der für diese Jahreszeit charakteristisch ist.

In den Monaten Mai und Oktober sind diese Stürme in der Zugrichtung und in ihrem Ursprunge auf der See so wechselnd, daß für sie eine bestimmte Bahn nicht festzulegen ist. Etwas mehr an den Ort gebunden sind sie im November und Dezember, sie schlagen dann von der Mitte der Bai aus eine westliche Richtung auf die Küste von Madras zu ein.

Wetterprognosen. Auf Grund eigener Erfahrungen an der Meteorologischen Zentralanstalt zu Stockholm seit 1890 ist Prof. Nils Ekholm zu folgenden Ergebnissen gelangt.[1]) Zunächst erinnert er daran, daß die Erforschung der physikalischen Beschaffenheit der obern Luftschichten mittels Drachen und Ballons auf die ganze dynamische Meteorologie ein neues Licht geworfen hat. „Nunmehr wissen wir, sagt er, daß die Verteilung des Luftdruckes an der Erdoberfläche und die Schwankungen desselben von einer Atmosphärenschicht bestimmt sind, deren Dicke mehr als 20 *km* beträgt, und in welcher die bestimmenden Einflüsse gar nicht mit zunehmender Höhe abnehmen, sondern eher immer mehr zunehmen. Infolgedessen wirken diese Einflüsse direkt nur auf den Luftdruck ein; die übrigen meteorologischen Elemente aber, welche an der Erdoberfläche beobachtet werden, treten an Bedeutung zurück. Somit ist der Luftdruck nahezu das einzige meteorologische Element, das bei der Prognose in Betracht zu ziehen ist, und die Verbesserung der Prognose hängt vor allem davon ab, daß die Luftdruckbeobachtungen so genau und so systematisch als möglich angestellt werden. In der Tat benutzen wir an der Stockholmer Zentralanstalt für die Prognosen der starken Winde und Stürme der Regel nach nur den Luftdruck. Die Windbeobachtungen werden fast nur als eine Kontrolle der Prognosen verwendet. Nur in seltenen Ausnahmen scheint die Verteilung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit nahe der Erdoberfäche für diese Prognosen von Bedeutung zu sein. Anders würde natürlich die Sachlage sein, wenn für die Prognosen regelmäßige und an vielen Orten angestellte Beobachtungen der obern Luftschichten zur Verfügung ständen. Dies aber ist wohl noch nur ein erwünschtes Ziel, dessen Erfüllung ebenso fern liegt als die Erfindung des lenkbaren Luftschiffes.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 147.

Die bisherige Erfahrung, wenigstens was Schweden anbetrifft, hat uns gelehrt, daß die Sturmwarnung die einzige Prognose ist, welche mit den jetzigen Hilfsmitteln eine für die Praxis genügende Zuverlässigkeit erreichen kann. Dies beruht nicht darauf, daß das in gewöhnlicher Weise berechnete Trefferprozent besonders viel größer ist für die Sturmwarnungen als für die Vorhersage der Niederschläge und der Lufttemperatur. Der Grund liegt vielmehr darin, daß in der Regel die Sturmwarnungen immer zuverlässiger werden, je schwerer der zukünftige Sturm sein wird, so daß für die gefährlichsten Fälle das Trefferprozent nahezu gleich 100 ist und mit der Gefahr immer mehr in der Weise abnimmt, daß die meisten Fehler nur auf die wenig gefährlichen Grenzfälle eintreffen. Auch gelingt es meistens, die Zeit für das Eintreffen des Sturmes innerhalb einiger Stunden festzustellen und die Prognose mehrere Stunden und oft mehr als zwölf Stunden vor dem Eintreffen des Sturmes auszusenden.

In bezug auf Niederschlag, Temperatur und Gewitter aber ist es viel schwieriger, die Intensität, die Dauer und den Zeitpunkt der vorherzusagenden Erscheinung zu beurteilen, und die großen und langdauernden Niederschläge, sowie die großen Temperaturschwankungen, welche für die Praxis so überaus wichtig sind, können nicht mit genügender Sicherheit prognostiziert werden. Wenn z. B. die Prognose nur „Niederschlag“ sagt, ohne angeben zu können, ob nur einige Tropfen oder ein langdauernder Gußregen zu erwarten ist, so ist dieselbe nicht von großem Werte. Dazu kommt, daß, besonders im Sommer, wo die Regenprognosen am meisten erwünscht sind, der Regenfall recht lokal ist, so daß man sich oft auf die unbestimmte Prognose: „Stellenweise Regen“ beschränken muß. Auch in bezug auf die Lufttemperatur bestehen dieselben Schwierigkeiten, wenn auch in etwas geringerm Grade, und in bezug auf die Gewitter sind die Schwierigkeiten wohl am größten. Ob es für die Wissenschaft möglich sein wird, diese Übelstände zu beseitigen, und in welcher Weise dies geschehen soll, weiß ich nicht.“

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 12716